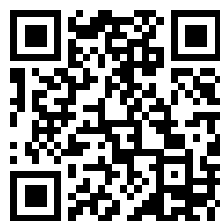

This is a reproduction of a library book that was digitized by Google as part of an ongoing effort to preserve the information in books and make it universally accessible.

GoogleTM books

<https://books.google.com>





A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

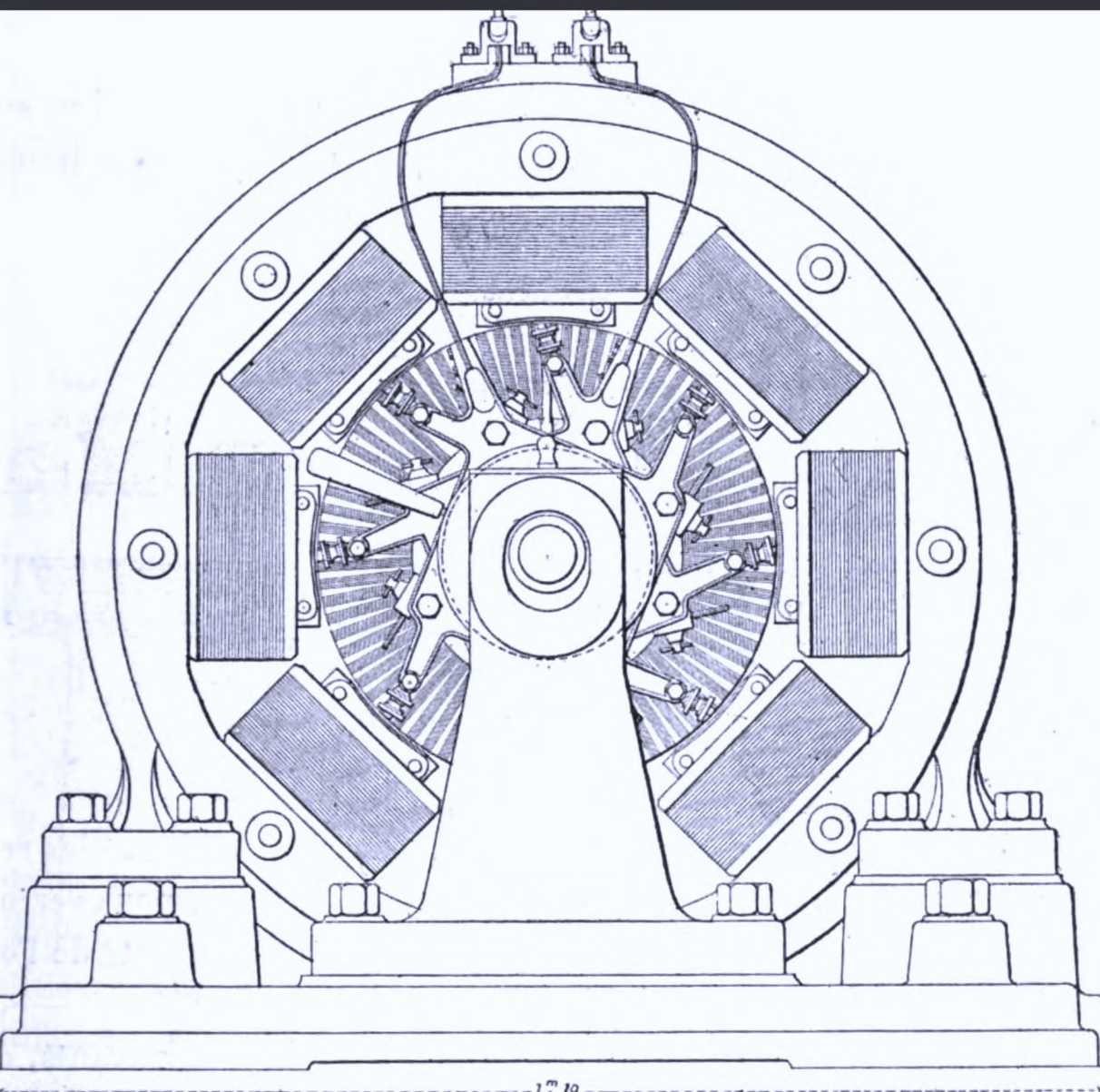
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

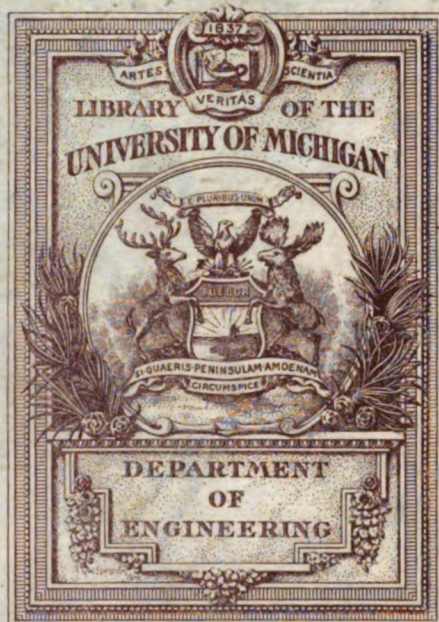
À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



Bulletin

Société française des électriciens, Société
internationale des électriciens





QC
501
.S67
I6

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS A ÉTÉ RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE LE 7 DÉCEMBRE 1886.

TOME VI. — ANNÉE 1889.



Siège social : 44, rue de Rennes, à Paris.

PARIS,
GAUTHIER-VILLARS ET FILS, IMPRIMEURS-LIBRAIRES
DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,
Quai des Grands-Augustins, 55.

1889

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

—

La *quarante-deuxième Réunion* mensuelle de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 6 Février 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 9 Janvier 1889.

— — —

PRÉSIDENTE DE M. P. LEMONNIER.

La séance est ouverte à 8^h30^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société, ainsi que des demandes d'admission suivantes, qui sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Bayet (Maurice), Ingénieur électricien, 2, boulevard Saint-Martin, à Paris. — Présenté par MM. E. Dieudonné et W. Dierman.

Chrétien (Paul-Charles), Conducteur des Ponts et Chaussées, Chef du service de l'éclairage électrique de l'Hôtel de Ville, 15, rue de Boulaivilliers, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et J. Laffargue.

Provost (Henri-Eugène), Mécanicien, 21, rue des Boulangers, à Paris. — Présenté par MM. E. Deschiens et Noblet.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

M. le Président fait connaître que la construction du compteur Brillié n'ayant pu être achevée à temps, la présentation de cet appareil est différée à une prochaine séance.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

SUR UN GALVANOMÈTRE UNIVERSEL APÉRIODIQUE.

M. d'ARSONVAL. — « L'appareil que je vais décrire a été combiné spécialement en vue des recherches de Physiologie. Comme, en raison même de sa destination, il sert à effectuer des mesures très variées : températures, forces électromotrices, résistances, capacités, intensités, mesures balistiques, etc., son usage est tout indiqué pour l'électrométrie en général.

» Ce galvanomètre est une boussole des tangentes, genre Wiedemann, mais avec des modifications nombreuses, dont la pratique m'a successivement démontré l'utilité et la commodité.

» Il est apériodique ou balistique à volonté; on le transforme en galvanomètre astatique Nobili, en Thomson simple ou en Thomson différentiel, par un simple changement d'équipage magnétique. Cette grande élasticité a l'avantage de répondre à tous les besoins avec un seul appareil d'une grande précision (toutes les pièces qui le composent étant des pièces de tour) et d'un prix relativement peu élevé.

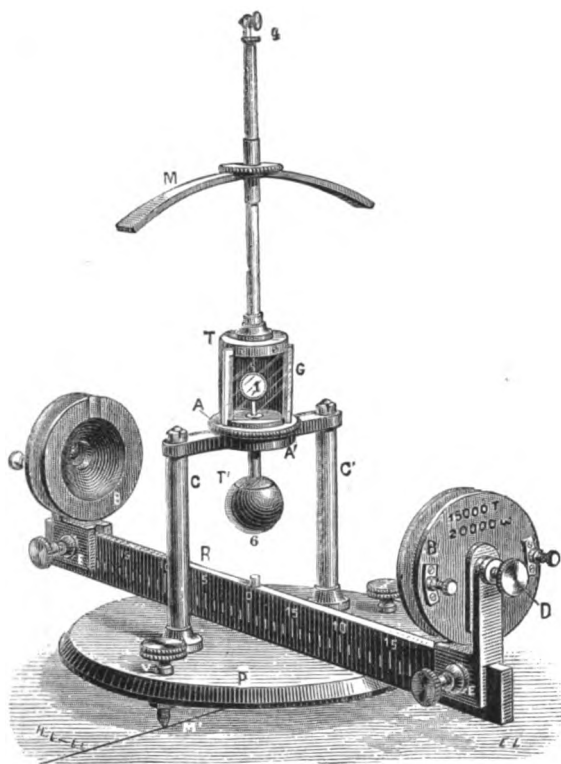
» Une modification importante consiste dans la séparation complète du système portant les bobines d'avec la partie qui reçoit l'équipage et l'amortisseur; les changements, les manipulations et le transport de l'appareil sont de ce fait grandement facilités. Je décrirai séparément ces deux parties.

» *Partie fixe.* — La *fig. 1* représente une vue perspective du galvanomètre et la *fig. 2* une coupe de la partie mobile. Sur un plateau circulaire P se trouve fixée de champ, suivant un diamètre, une règle divisée R. Le plateau repose sur trois pointes dont deux seulement sont des vis calantes V, V'. La ligne qui les joint est perpendiculaire à la direction de la règle R, de sorte qu'il suffit de placer les

vis V, V' sur la ligne du méridien magnétique pour que l'appareil soit orienté une fois pour toutes.

» Le long de la règle coulisssent deux équerres fendues E, E', munies de vis qui servent à les arrêter. La partie supérieure des équerres porte un bouton à vis D qui sert à fixer les bobines circulaires B, B' où passe le courant à mesurer. Ces bobines en bois sont creusées d'une cavité hémisphérique pour loger la boule de l'amortisseur n° 6.

Fig. 1



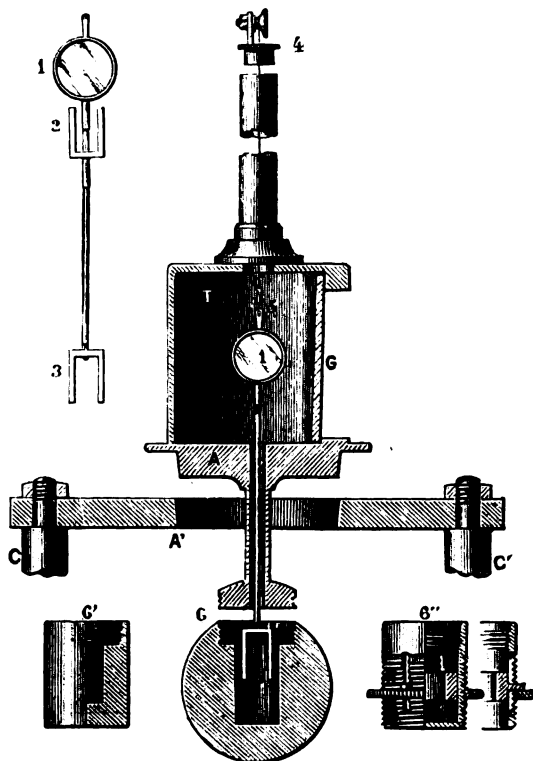
Chaque bobine porte deux bornes conductrices pour les jonctions, et sur sa face plane j'ai fait inscrire le nombre de tours et la résistance, éléments dont la connaissance est importante pour bien des recherches.

» Le remplacement de ces bobines est rendu extrêmement facile et peu coûteux. L'appareil en porte deux jeux : l'un de 150 tours et de faible résistance ($\frac{1}{10}$ d'ohm), l'autre de 15 000 tours et de 20 000 ohms pour les usages balistiques et la mesure des forces électromotrices.

» De chaque côté de la règle R s'élèvent deux colonnes cylindriques C, C', reliées à leur partie supérieure par une traverse A' percée d'un trou circulaire sur lequel vient pivoter le système mobile A (voir *fig. 2* pour le détail).

» Cet ensemble, tout en cuivre bien entendu, représente la partie de l'appareil qu'on laisse toujours en place.

Fig. 2.



» *Partie mobile.* — La partie mobile (équipement et amortisseur) forme également un tout. Elle se compose d'une boîte cylindrique T, dont la base supérieure est surmontée d'un tube métallique le long duquel glisse l'aimant compensateur M et que termine un bouchon mobile 4 portant un bouton à treuil autour duquel s'enroule le long cocon qui soutient l'équipage magnétique.

» La base inférieure A, munie d'un rebord moleté, vient s'engager à frottement doux dans l'anneau A' et sert de pivot. Cette base se termine par un tube plus petit T', terminé par un bouchon sur lequel

vient se visser l'amortisseur en cuivre rouge 6. Le tambour T est percé d'une ouverture carrée fermée par la glace transparente G, qui s'enlève à volonté pour manier le miroir 1 et le crochet de suspension 5.

» La glace G est légèrement oblique, comme on le voit sur la coupe (*fig. 2*); on évite ainsi les reflets, qui sont si gênants pour la lecture quand la glace et le miroir sont parallèles.

» Le fil de cocon qui part du treuil 4 est terminé par un petit crochet 5 auquel on suspend l'équipage. L'équipage magnétique simple se compose d'un petit aimant en fer à cheval, pesant de 1^{er}, 5 à 2^{er}, très puissant en raison de sa forme, car il peut porter jusqu'à 62 fois son poids. Il est vissé à un fil métallique dont la partie supérieure vient s'engager à frottement doux dans la douille du porte-miroir 1. On peut ainsi orienter le miroir dans tous les azimuts pour la lecture. Le porte-miroir présente à sa partie supérieure un petit trou dans lequel vient s'engager le crochet de suspension 5. L'amortisseur se compose d'une sphère en cuivre rouge 6 venant se visser sur le bouchon T'. Il est percé d'un trou cylindrique dans lequel vient pivoter l'aimant, avec 1^{mm} de jeu environ tout le tour. Comme la sphère a 4^{cm}, tandis que le diamètre extérieur de l'aimant n'en présente que 1, l'amortissement est considérable, même sans astatiser l'instrument, et, de plus, il reste le même dans tous les azimuts. On voit qu'il est très facile de retirer l'amortisseur sans toucher à l'équipage. On peut le remplacer soit par une simple sphère en laiton mince, soit par des amortisseurs cylindriques moins puissants 6', soit enfin par l'amortisseur variable 6". L'amortisseur variable se compose d'un anneau de cuivre rouge qui peut coulisser dans un cylindre fendu au moyen de deux goupilles et d'une bague extérieure filetée, comme on le voit en 6". L'aimant se trouve ainsi plus ou moins englobé dans l'amortisseur, ce qui change graduellement l'amortissement. On peut aussi se servir d'un amortisseur liquide en remplissant la sphère de laiton mince d'un liquide quelconque. Je conseille de préférence le pétrole ordinaire.

» En enlevant le barreau directeur M, on a simplement une boussole des tangentes. Si l'on veut astatiser à la façon de Haüy, on remet le barreau M à la hauteur convenable à la manière ordinaire. L'amortissement devient alors parfois tellement considérable qu'on

est obligé de le diminuer en remplaçant la sphère 6 soit par l'amortisseur cylindrique 6', soit par l'amortisseur variable 6".

» On peut également astatiser à la façon de Nobili; pour cela, on enfle sur la tige qui porte l'aimant 3 un second aimant tout pareil 2, muni d'une douille *ad hoc*, en opposant les pôles de noms contraires et replaçant le miroir ainsi qu'on le voit sur la figure détachée. Comme toutes les parties 1, 2, 3, 4, 5 sont séparables, ce remplacement est des plus faciles.

» Enfin, on peut enlever complètement l'équipage 3 et le remplacer par un équipage Thomson simple ou double en employant ou non l'amortisseur à liquide, qui est très efficace dans ce cas.

» En retirant le crochet du porte-miroir 1 et en ôtant le bouchon 4, il est extrêmement facile de changer le fil de cocon. Le treuil est de petites dimensions, de façon qu'on puisse enlever ou remettre à volonté le barreau directeur M sans toucher à la suspension.

» La lecture se fait, suivant les besoins, à l'échelle transparente simple ou à l'échelle micrométrique que j'ai autrefois décrite dans ce Recueil. Dans ce cas, la sensibilité devient 25 fois plus grande pour un même angle de déviation. Ce procédé de lecture est extrêmement précieux quand on emploie l'appareil comme boussole des tangentes. Dans une prochaine Communication, je décrirai le manuel opératoire pour mesurer les forces électromotrices, les résistances, les capacités, les températures, etc., et le procédé optique qui permet de rendre témoin de ces mesures par projection l'auditoire le plus nombreux, ainsi que je le fais en ce moment.

» C'est en raison de ses applications multiples que j'ai cru devoir appeler cet instrument *galvanomètre universel aperiodique*. Il répond, en effet, à tous les besoins.

» Ces modifications successives, dont la pratique journalière m'avait montré la nécessité, ont été effectuées dans les ateliers de M. de Branville, 25, rue de la Montagne-Sainte-Genève, qui a bien voulu, pour les exécuter, laisser un ouvrier spécial à mon entière disposition. »

M. le Président remercie M. d'Arsonval.

**INSTALLATION DE LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES GRANDS MAGASINS
DU BON-MARCHÉ.**

M. CANCE. — « Messieurs, je vais avoir l'honneur de vous faire la description de l'installation de la lumière électrique dans les grands magasins du Bon-Marché.

» Dans cette description, je vais faire tout mon possible pour ne vous citer que des chiffres, qui, je l'espère, appelleront votre attention et me tiendront lieu d'éloquence.

» L'éclairage électrique du Bon-Marché a été décidé par les administrateurs de ce grand établissement au commencement de l'année 1886; et ce qui a permis, sans doute, de prendre cette décision, c'était la possibilité d'établir l'usine électrique dans les nouveaux bâtiments qui devaient être construits à partir de cette époque en vue d'agrandissements considérables.

» Ces agrandissements devaient comprendre la construction de deux bâtiments, le premier occupant actuellement le milieu de l'aile du bâtiment général entre la rue de Babylone et la rue de Sèvres, et le second, beaucoup plus grand, occupant une partie des deux côtés formant l'angle de la rue du Bac et de la rue de Sèvres. C'est dans le deuxième sous-sol du bâtiment de la rue du Bac que nous allons trouver et décrire la première installation qui donna de la lumière électrique dans les magasins à partir du 20 novembre de la même année.

» Vous me permettez, messieurs, dans ma description, de commencer par l'installation de la force motrice ou mécanique; d'abord parce que la Mécanique est notre sœur aînée, et qu'ensuite, jusqu'à présent, nous ne pouvons rien ou peu de chose sans elle.

» Cette première installation ou première salle de l'installation générale, et que nous appellerons *salle Bac*, comprend comme force motrice :

» 1. Quatre générateurs Belleville produisant à l'heure 765^{ks} de vapeur, ce qui correspond à environ 100 chevaux pour chaque générateur. Chacun de ces générateurs est muni d'un détendeur de vapeur relié à un collecteur général, d'où l'on recueille la vapeur à une pression uniforme pour l'alimentation des machines à vapeur en

service; un jeu de robinets permet, bien entendu, de supprimer ou de relier en marche l'un quelconque des générateurs.

» En raison du peu de hauteur du deuxième sous-sol, ces quatre générateurs ont été installés dans un bac étanche pénétrant dans le sol jusqu'à une profondeur d'environ 1^m, 50, ce qui reporte, après le maçonage du fond du bac, le niveau de la chambre de chauffe à 1^m au-dessous du niveau du sol ordinaire, qui se trouve lui-même déjà à 0^m, 50 ou 0^m, 60 au-dessous du niveau de l'égout de la rue du Bac (je cite ce détail, parce que nous verrons tout à l'heure que les eaux de purge et de condensation devront, pour être évacuées du sous-sol, être refoulées jusqu'au niveau de l'égout).

» 2. Après les générateurs viennent les moteurs ou machines à vapeur, qui sont toutes de construction Lecouteux et Garnier, comprenant :

» 1^o 1 machine horizontale à grande vitesse, 280 tours, 100 chevaux ;

» 2^o 1 machine Corliss simple à condensation, de 75 chevaux, 80 tours par minute ;

» 3^o 1 machine Corliss jumelle à condensation, de 200 chevaux, 80 tours par minute.

» En récapitulant l'installation mécanique de cette première salle, nous trouvons :

» 400 chevaux pour les générateurs de vapeur, dont une partie de réserve ;

» 375 chevaux pour les machines à vapeur, dont la machine de 100 chevaux grande vitesse comprise comme réserve, soit :

» 275 chevaux disponibles.

» Les deux machines Corliss commandent par courroie un arbre de couche ou transmission intermédiaire, et ce même arbre est attelé directement à une de ses extrémités à la machine de 100 chevaux, 280 tours, laquelle peut être isolée ou reliée à volonté à l'arbre de couche au moyen d'un embrayage à manchon. Les deux autres machines à vapeur peuvent également être isolées séparément.

» La partie mécanique comprend en outre 2 pompes rotatives refoulant les eaux de purge et de condensation à l'égout, plus 1 pompe Thirion et 1 ventilateur actionnés par une dynamotrice.

» Voilà pour la partie mécanique de la salle Bac ; reste maintenant la partie électrique.

» La partie électrique comprend :

	Ampères.	Volts.
2 dynamos Gramme.....	550	70
2 dynamos Edison	500	»
1 dynamo Sautter et Lemonnier.....	300	»
4 dynamos Breguet	140	»
8 dynamos Gramme auto-excitatrices à courants alternatifs, type 2, pour 12 foyers Jablochhoff chacune.		

» Toutes les dynamos à courants continus sont reliées individuellement par une canalisation principale à un tableau distributeur dit *de mutation*, sur lequel se trouvent placés autant de commutateurs à deux directions qu'il y a de dynamos, sauf une de 500 ampères qui est reliée à deux barres collectrices en communication avec la deuxième direction de tous les commutateurs correspondant à chaque dynamo, de manière à servir de réserve à n'importe quelle dynamo.

» Tous les commutateurs à deux directions sont reliés à leur tour à une canalisation intermédiaire conduisant le courant :

» 1° A 5 tableaux distributeurs alimentant chacun 30 lampes Cance ;

» 2° A 1 tableau distributeur à douze départs, alimentant environ 600 lampes à incandescence de 10 et 16 bougies, munies chacune d'un commutateur et d'un bouchon de sûreté.

» En plus de ces 600 premières lampes à incandescence, 400 autres servent à l'éclairage de nuit pour la surveillance de toutes les parties du bâtiment pendant toute la nuit. Ces 400 lampes sont alimentées par la dynamo Edison de 500 ampères, qui sert de réserve pendant l'éclairage ordinaire ; cette dynamo est actionnée pendant la nuit par la machine de 75 chevaux.

» Chaque lampe Cance est alimentée par un circuit individuel partant des tableaux distributeurs sur lesquels, par chaque lampe, et faisant partie du circuit, se trouvent placés :

» 1 coupe-circuit à plomb fusible ;

» 1 commutateur d'allumage ou d'extinction ;

» 1 avertisseur à aiguille indiquant l'allumage ou l'extinction de la lampe ;

» 1 rhéostat ou résistance pour équilibrer le circuit;

» 1 prise de courant pour intercaler 1 ampère-mètre pour mesurer l'intensité sans rupture du courant de la lampe.

» En outre, chaque appareil de suspension, ou chaque lampe placée dans les magasins, est muni de son commutateur; mais, d'une façon générale, le service d'allumage et d'extinction se fait de la salle des machines; le commutateur à la lampe est pour parer à tout accident qui ne serait pas signalé assez à temps dans la salle des machines.

» Les 8 dynamos à courants alternatifs ont leurs conducteurs de départ reliés à 2 tableaux de commutation, desquels partent à nouveau 21 circuits pouvant alimenter 4 foyers Jablochkoff par circuit, soit en tout 84 foyers. Une des 8 dynamos sert de réserve et peut, par un jeu de commutateurs, venir remplacer l'une quelconque des 7 autres dynamos.

» Tous les circuits sont munis au tableau d'une prise de courant pour les appareils de mesure, d'un commutateur de commande, d'un coupe-circuit et d'un avertisseur de marche.

» Il nous reste encore dans cette première salle 1 tableau distributeur pour 30 lampes Cance; mais ce tableau est alimenté par la salle n° 2.

» L'intensité électrique disponible dans la salle Bac, y compris les dynamos de réserve, est de 2960 ampères.

» La différence de potentiel étant de 70 volts à chaque dynamo, l'énergie ou puissance électrique disponible s'élève à 207 200 watts, représentant une force mécanique de 281,5 chevaux-vapeur.

» En accordant aux dynamos un rendement de 80 pour 100 et comptant 10 pour 100 de force passive absorbée par la transmission, la force mécanique nécessaire pour faire fonctionner toutes les dynamos à courants continus serait de 365,9 chevaux-vapeur, auxquels il faut ajouter pour les 8 dynamos à courants alternatifs environ 96 chevaux, soit en tout 461 chevaux-vapeur.

» Ce chiffre, comme on le voit, dépasse de beaucoup les 375 chevaux disponibles; la différence est donc affectée aux dynamos de réserve, ce qui nous reporte aux chiffres suivants pour l'installation du service complet d'éclairage pour la salle Bac :

» 148 chevaux pour 150 lampes Cance à 8 ampères chaque lampe;

» 84 chevaux environ pour 84 foyers Jablochkoff;

» 58 chevaux pour 600 lampes à incandescence avec une intensité moyenne de 0^{amp}, 8.

» Soit au total 290 chevaux, total donnant un excédent de 15 chevaux sur les 275 chevaux nominaux.

» Nous allons maintenant pénétrer dans la deuxième salle, que nous appellerons *salle Sèvres*.

» En quittant la première salle, on éprouve un sentiment de satisfaction en faveur de la lumière électrique; mais lorsqu'on embrasse d'un coup d'œil l'ensemble de la deuxième salle, ce n'est plus de la satisfaction que l'on éprouve, mais bien de l'admiration pour l'électricité, et l'on voit qu'avec de tels progrès accomplis en si peu d'années la lumière électrique est appelée à progresser dans ses applications.

» La force motrice de la salle Sèvres se compose de 7 générateurs Belleville installés dans un bac unique, comme les 4 de la première salle, placés sur une même ligne.

» Chaque générateur est muni également d'un détendeur relié à un collecteur général, auquel aboutissent toutes les prises de vapeur.

» Chaque générateur produit à l'heure 1100^{kg} de vapeur, c'est-à-dire environ 150 chevaux par générateur, ce qui correspond à une puissance totale disponible de 1050 chevaux.

» 4 générateurs suffisent pour le service, ce qui laisse 3 générateurs en réserve.

» La partie mécanique, ou machines à vapeur, comprend :

» 1° 4 machines Corliss simples à condensation, de 150 chevaux, chacune à 80 tours par minute;

» 2° 2 machines de 10 chevaux, à 500 tours par minute; soit un total, comme puissance motrice disponible, de 620 chevaux-vapeur, plus 2 pompes Leblanc; sur les 4 machines Corliss, 3 suffisent pour le service.

» Tout cet ensemble de moteurs à vapeur repose sur une maçonnerie en pierres de taille établie dans un bac étanche d'un poids de 90000^{kg}, pénétrant dans le sol jusqu'à une profondeur de 1^m, 50. Cette coûteuse mais sage précaution a eu pour double effet d'empêcher les infiltrations d'eau et d'éviter surtout toute trépidation

dans le bâtiment en général, et, lorsque l'on se trouve dans les magasins, il est impossible de supposer qu'à 6^m plus bas une force motrice de 600 à 700 chevaux est en mouvement.

» Chaque machine à vapeur commande séparément une transmission intermédiaire, laquelle commande à son tour un groupe de 6 dynamos, ce qui porte le nombre total des dynamos à 24.

» Ce mode de commande et de groupement présente à l'œil une symétrie qui inspire de la confiance pour une production d'électricité. Cette confiance ne fait que s'augmenter lorsque l'on examine la partie électrique, qui se compose, comme nous l'avons déjà vu, de 24 dynamos de 350 ampères 70 volts, divisées par 4 groupes et pouvant produire une énergie ou puissance électrique de 588 000 watts.

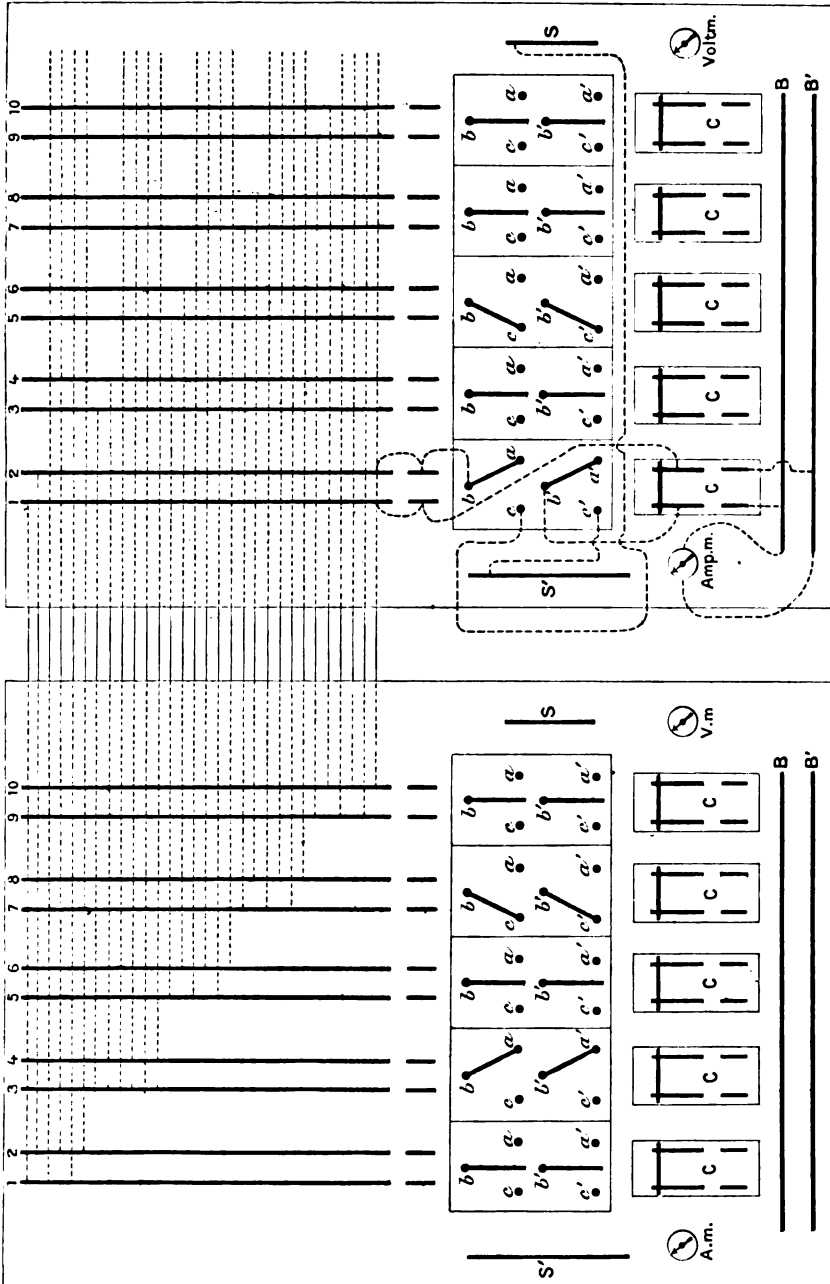
» De chacune de ces dynamos, un circuit spécial conduit le courant à un tableau de mutation général comprenant 4 groupes distincts, dont la *fig. 1* représente 1 groupe, ayant chacun 5 prises d'arrivée de courant et 5 départs pour 5 des dynamos de chaque groupe. Les 5 prises d'arrivée sont reliées pour rentrer dans le tableau :

» 1^o L'un des pôles du courant par 5 premières touches fixes de droite *aa* de 5 commutateurs à deux directions; ensuite le courant traverse 5 premières touches mobiles *bb* de ces mêmes commutateurs; de là par les barres verticales 2, 4, 6, 8, 10 pour sortir du tableau.

» 2^o L'autre pôle du courant rentre par 5 deuxièmes touches fixes de droite *a'a'* des mêmes commutateurs, par 5 deuxièmes touches mobiles *b'b'*, et de là par 5 commutateurs spéciaux CC dont nous verrons l'utilité tout à l'heure, et le courant continue sa route par les barres verticales 1, 3, 5, 7, 9.

» La sixième prise d'arrivée est en communication ou connexion par un des pôles de la sixième dynamo avec une barre collectrice stable S, reliée à tous les pôles de même nom des 5 premières dynamos; de cette barre collectrice, 5 conducteurs aboutissent à 5 premières touches fixes de gauche *cc* des commutateurs à deux directions; l'autre pôle de cette même dynamo est en communication avec une autre barre collectrice S', sur laquelle 5 touches mobiles peuvent établir un contact ou une communication avec 5 touches séparées, reliées à leur tour aux 5 autres touches de gauche *c'c'* des 5 commutateurs à deux directions.

» Cette disposition permet à la dynamo n° 6 de chaque groupe de venir remplacer l'une quelconque des 5 autres dynamos de chaque



groupe, ou encore, dans certains cas, pour un besoin d'éclairage restreint, d'alimenter par la machine de réserve de chaque

groupe une partie des circuits des 5 autres dynamos; c'est-à-dire que les dynamos de réserve peuvent alimenter une partie de toutes les directions de départ des dynamos normales, répartissant les circuits des lampes dans tout l'établissement.

» Outre cette sécurité de fonctionnement, 1 des 4 groupes, y compris ses 6 dynamos et sa machine à vapeur, est affecté spécialement à venir remplacer en totalité ou en partie l'un quelconque des 3 autres groupes, ou bien encore à venir remplacer une partie de chacun de ces mêmes groupes, et ceci au moyen des barres horizontales se mettant en communication avec les barres verticales des autres groupes.

» Nous allons maintenant décrire et reconnaître l'utilité du commutateur placé à la partie inférieure des départs de chaque groupe.

» Ce commutateur a la faculté d'intercaler un ampère-mètre unique pour chaque groupe dans les circuits séparés de chaque dynamo, et ceci pour se rendre compte en temps utile si l'intensité totale développée par chaque dynamo est en rapport avec le nombre de lampes alimentées par la dynamo intercalée dans l'ampère-mètre.

» Ce moyen de contrôle, si facile et si rapide, a une très grande importance; car si, pour une cause anormale quelconque, une seulement des dynamos venait à produire une intensité trop élevée, cet excédent de force absorbée viendrait jeter un trouble dans tout le régime de la force motrice.

» Le courant pénètre dans chaque commutateur d'ampère-mètre par la deuxième touche mobile $b'b'$ des commutateurs à deux directions; il passe par une première barre collectrice horizontale B en communication avec tous les commutateurs d'un même groupe, de là à l'ampère-mètre et revient à une deuxième barre collectrice B', laquelle est à nouveau en communication avec tous les commutateurs, d'où il sort cette fois pour passer par les barres verticales 1, 3, 5, 7, 9 et sortir du tableau.

» Les trois groupes en service distribuent le courant de la manière suivante :

» Le premier groupe, à 4 tableaux distributeurs pour lampes Cance faisant un ensemble de 90 lampes de 8 ampères, a un cinquième tableau alimentant 5 lampes Cance de 30 ampères et 1 de 50 ampères.

» Le deuxième groupe alimente, par une canalisation spéciale, 30 lampes Cance de la salle Bac, et le reste du courant disponible de ce deuxième groupe peut alimenter les 600 lampes à incandescence de la salle Bac en cas d'arrêt de la dynamo qui les alimente normalement et faisant partie de cette salle.

» Le troisième groupe alimente 1 tableau distributeur pour incandescence ayant 20 départs de 100 lampes chacun, soit 2000 lampes pour ce tableau.

» Le quatrième groupe, ainsi que nous l'avons dit, sert de rechange aux trois premiers.

» Comme nous l'avons déjà vu, l'énergie électrique disponible dans la salle Sèvres s'élève à 588000 watts, représentant une force mécanique de 798,9 chevaux-vapeur.

» L'énergie dépensée s'élève à 193200 watts.

» Si nous accordons, comme pour la première salle, un rendement de 80 pour 100 pour les dynamos et comprenant 10 pour 100 de force passive absorbée par la transmission, la force mécanique nécessaire pour faire fonctionner toutes les dynamos en service dans la salle Sèvres serait de 341 chevaux-vapeur.

» En résumant l'ensemble de l'installation totale, on obtient les chiffres suivants :

Force motrice disponible	995 chevaux-vapeur
Force motrice dépensée, y compris les pompes de refoulement des eaux et pompes d'ascen- seurs, environ	700 chevaux
Énergie électrique totale disponible	795200 watts
Énergie électrique absorbée.....	344400 »

» Pouvoir éclairant obtenu réparti dans les sous-sols, rez-de-chaussée, premier, deuxième, troisième, quatrième et cinquième étages :

	Carrels.
270 lampes Cance de 40 carrels.	10800
5 lampes Cance de 200 carrels.	1000
1 lampe Cance de 500 carrels.....	500
84 bougies Jablochkoff de 30 carrels.....	2500
3000 lampes à incandescence de 1,5 carrel.....	4500
Soit un total de.....	19300

» En établissant une comparaison entre une usine à gaz capable de produire une puissance lumineuse équivalente à celle que nous

venons de constater, nous arriverions, en comptant 105^{lit} de gaz pour 1 carcel-heure, à une production de gaz par vingt-quatre heures de 17700^{m^c}, qui nécessiteraient pour leur fabrication 74 cornues du type ordinaire, soit 10 fours de 8 cornues contenant 6 cornues de réserve et 2 gazomètres de 5000^{m^c} chacun.

» La surface du terrain nécessaire à une usine à gaz de cette importance devrait être de 6000^{m²}; pour fixer les idées, je puis citer l'usine à gaz de Boulogne-sur-Seine, ville ayant une population de 20 000 âmes et possédant 41 industries diverses.

» La surface de l'usine électrique du Bon-Marché est de 2400^{m²}, et, comme nous l'avons vu, nous n'utilisons dans cette usine que la moitié à peu près de ce qu'elle peut produire.

» Comme dépense d'installation, je ne puis vous citer que le chiffre de la dépense totale faite par le Bon-Marché, qui comprend un matériel important en dehors de l'éclairage, ainsi que des dépenses de construction et même de luxe. Cette dépense s'est élevée au chiffre d'environ 2 millions de francs; c'est sur ce chiffre que se fait l'amortissement, et, malgré son élévation exceptionnelle, l'administration compte avoir des bénéfices par rapport à l'emploi du gaz, qui nécessiterait 6000 appareils pour l'état actuel des magasins et une dépense annuelle d'au moins 300 000^{fr}, sans tenir compte qu'avec cette dépense de gaz les magasins auraient une quantité de lumière bien inférieure à celle qu'on obtient par l'électricité.

» En terminant cette description, j'ai la plus vive satisfaction de pouvoir dire que tous les appareils sont d'invention et de construction françaises, que chaque constructeur a apporté son expérience afin de concourir à l'installation privée de lumière électrique la plus complète et la plus belle que nous ayons certainement en Europe jusqu'à ce jour.

» Je m'empresse d'ajouter que l'administration du Bon-Marché a été assez heureuse d'avoir en M. Boileau un architecte d'une rare intelligence, secondé à son tour par un jeune ingénieur, M. Lelong. »

M. le Président remercie M. Cance.

La séance est levée à 9^h 50^m.

Distinctions honorifiques.

Les Membres de la Société dont les noms suivent ont été nommés ou promus dans l'ordre de la Légion d'honneur :

Par décret en date du 26 décembre 1888 :

Au grade de commandeur.

M. le Colonel SÉBERT (H.), Vice-Président de la Société, Directeur du Laboratoire central de la Marine.

Par décret en date du 27 décembre 1888 :

Au grade d'officier.

M. DELAUNAY-BELLEVILLE (Gabriel), Ingénieur constructeur.

Au grade de chevalier.

MM. DOMANGE-SCELLOS (Albert), Fabricant de courroies pour machines.
RAU (Louis), Administrateur délégué de la Compagnie continentale Edison.

Par décret en date du 29 décembre 1888 ont été nommés :

Officiers d'Académie.

MM. ABRAM (Félix), Conseiller général des Bouches-du-Rhône.
DUCRETET (Ed.), Constructeur d'instruments de précision.
PHASMANN (Aug.), Adjoint au Maire de Saint-Mihiel.
VASCHY (Aimé), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes.

Officiers de l'Instruction publique.

M. PABST (Albert), Chimiste.

Par décret en date du 31 décembre 1888 :

M. GODRON (P.), Ingénieur en chef de la Marine, Directeur des Constructions navales.



MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

LES FILS AÉRIENS ET SOUTERRAINS A NEW-YORK.

Conférence faite à la réunion de l'Association nationale d'Éclairage électrique, à New-York,
par M. le Dr SCHUYLER S. WHEELER.

Je me propose de vous donner, aussi brièvement que possible, une idée des réseaux aériens et souterrains de New-York, et des mesures que prennent les autorités publiques pour améliorer l'état de choses qui existe actuellement et qui durera encore quelque temps.

En 1884, la Législature de l'État de New-York adopta une loi enjoignant aux Compagnies électriques de New-York et de Brooklyn d'enterrer leurs conducteurs. On croyait que les autorités locales sanctionneraient cette mesure, et l'on déclara que, passé une certaine date, l'entretien de fils aériens ne serait plus permis dans ces deux villes.

Mais on ne pouvait traiter aussi sommairement des affaires de l'importance de la Télégraphie, de la Téléphonie et de l'Éclairage électrique; et, avant l'échéance fixée pour la suppression de tous les fils aériens, la Législature décida, en 1885, la création et l'organisation d'un Comité chargé de combiner un projet permettant de placer sous terre tous les fils de New-York et de Brooklyn, sans troubler le fonctionnement des services électriques. Cette loi de 1885 invitait les Compagnies à soumettre aux Comités des deux villes leurs propositions pour la mise sous terre de leurs conducteurs, et les projets, une fois approuvés, devraient aussitôt être mis à exécution.

Mais, en 1885, la question des conducteurs souterrains était en pleine période d'études; aucune des Compagnies ne formula de propositions dans le délai voulu, et les commissaires durent s'occuper d'imaginer eux-mêmes, pour mettre les fils sous terre, un procédé qu'on imposerait aux Compagnies.

Ce sujet était relativement neuf; on n'en voyait pas bien toutes les difficultés, non plus que les conditions de service à remplir; et l'on n'avait pas même fait une classification des diverses façons de placer les fils sous la surface du sol.

La Commission avait à rechercher la meilleure manière d'établir dans les deux villes des communications électriques souterraines : elle n'eut pas à examiner moins de 450 systèmes, beaucoup n'étant nullement appropriés au but que l'on poursuivrait, beaucoup d'autres entièrement absurdes.

On savait les fils souterrains très communs dans d'autres villes, surtout à l'étranger; mais rien encore n'avait été fait qui pût servir de précédent pour la ville de New-York. En plusieurs endroits, on s'était contenté de placer les fils sous terre, dans des tuyaux, dans les égouts ou en câbles; mais une disposition aussi rudimentaire ne pouvait suffire dans une ville qui a plus de téléphones, de télégraphes, de lumière électrique, et moins de superficie utilisable qu'aucun autre endroit du monde, si l'on tient compte de l'importance des affaires qui s'y traitent. Dans ces conditions, un système ne peut avoir quelque valeur que s'il permet d'ajouter de temps à autre de nouveaux fils en nombre à peu près illimité, et cela sans dépaver la rue, et s'il a d'ailleurs une capacité suffisante pour recevoir le grand nombre de fils pour lesquels on aurait peine à trouver dans le sous-sol un espace suffisant, vu le grand nombre d'obstacles qui le remplissent déjà.

La difficulté du problème, qui est aussi la raison pour laquelle il a si peu à tirer de l'expérience faite dans les autres villes, résulte de ce fait que, en moyenne, le nombre des fils compris dans un espace donné est bien plus grand à New-York qu'en aucun endroit du monde.

De plus, l'espace sur lequel s'étendent ces fils, au lieu d'être à peu près circulaire comme dans les trois autres villes où l'électricité a pris le plus de développement, est une ligne longue et étroite, en sorte que les conducteurs s'accumulent les uns sur les autres et que leur longueur est plus grande entre les différents points. Et, outre cette difficulté d'un plus grand nombre de fils à loger dans un espace moindre, il y a aussi une grande différence dans la rapidité des affaires, ce qui exige que l'on puisse poser ou retirer les fils et les instruments plus vite que dans les autres villes.

Le sol est tellement rempli de conduites d'eau, de gaz et de vapeur, d'égouts, de tubes pneumatiques, de leurs boîtes de raccord ou de leurs regards, qu'il était impossible d'établir un tracé direct pour

une conduite ou même pour un petit nombre de canalisations secondaires, et, de plus, les réparations incessantes que réclament ces divers ouvrages exposent les câbles à être endommagés. La terre est saturée de gaz qui s'échappent des conduites et qui s'annulent dans tout espace vide, tel que serait la conduite des fils électriques, et là ils détruisent l'isolement des câbles, asphyxient les ouvriers ou causent des explosions. En comparant les distributions de gaz et celles d'électricité, on a dit souvent que ces dernières sont bien plus difficiles à entretenir en sous-sol, parce que leurs fuites sont dangereuses, au lieu que les fuites des tuyaux de gaz n'ont pas d'importance. Il est certain que la perte de gaz par les fuites ne cause pas de dommage sérieux aux Compagnies gazières, aux tarifs actuels; mais ce gaz remplit le sol, pénètre jusqu'aux conducteurs électriques, et là produit les effets les plus fâcheux dont l'électricité supporte tout le reproche. Sans le gaz, la question des fils souterrains offrirait bien moins de difficultés et de désagréments. D'autre part, quand le courant électrique s'égare et va fondre le fer des tuyaux à gaz, c'est encore l'électricité qui est coupable : ce n'est pas là un partage équitable des responsabilités.

Pour s'acquitter complètement de la tâche, le Comité des canalisations électriques souterraines de la ville de New-York a examiné tous les systèmes en usage dans les autres villes, ainsi que les nombreux projets soumis à son approbation pour être employés à New-York.

A Paris, on a l'avantage de posséder des égouts extraordinairement spacieux, qui, dans les rues desservies, reçoivent tous les fils et les tuyaux d'eau. Ils consistent en un large passage voûté, à base plane; au milieu de cette base, une tranchée profonde reçoit les eaux vannes. Les accotements, de part et d'autre de cette tranchée, forment un large trottoir, au-dessus duquel sont suspendus à la voûte les tuyaux et les fils. De chaque côté de la tranchée est posé un rail, et sur la voie ainsi formée peut circuler un chariot tirant la drague qui sert à nettoyer l'égout. Dans les rues qui n'ont pas de ces égouts, les fils sont jetés par-dessus les maisons.

La seule autre ville qui, à cette époque, pouvait donner quelques données d'expérience applicables à notre cas, était Londres. Mais il n'y avait, et il n'y a encore, autant dire pas de lampes à arc et, par

suite, pas de circuits; il y a très peu de lampes à incandescence sans circuits extérieurs aux maisons; le téléphone n'est pas très répandu, et les fils du télégraphe sont placés sous terre par le Gouvernement. Le système employé dans ce dernier cas est celui du tirage par les regards : les tuyaux de fonte ont 12^{cm}, 5, sont placés sous les trottoirs et sont accessibles au moyen de regards ou boîtes de raccordement. On dit, et je ne sais jusqu'à quel point cela est vrai, que ces tuyaux sont assemblés par des joints très lâches, afin que l'eau y pénètre et protège les câbles, lesquels, étant en gutta-percha et du même type que les câbles sous-marins, se détériorent très vite quand ils sont exposés à l'air. En d'autres termes, l'expérience des câbles sous-marins ayant appris à construire un isolant qui résiste à l'eau, on a essayé de ramener le problème des fils souterrains à ce cas déjà étudié. Depuis, des canalisations ont été établies dans d'autres villes.

A Brooklyn, il y a environ 10 milles de conduite Dorsett, et 4½ milles de conduite formée d'une boîte en planches créosotées assemblées grossièrement. Dans le fond de la boîte, des rainures soutiennent des planchettes plus minces formant compartiments. Cette conduite, mal fermée et peu durable, n'est qu'un moyen de tenir les câbles en place et séparés les uns des autres; de plus, comme la créosote dissout le caoutchouc, ce ne serait pas là un logement convenable pour un câble de caoutchouc.

On a aussi fait quelque usage, à Philadelphie, du système Johnstone : c'est une conduite de fonte, large, plate, formée de sections d'environ 2^m et partagée en un fond et en un couvercle, de façon que l'on peut ôter une section et la remplacer sans toucher aux fils déjà posés. La conduite est partagée en compartiments, pour classer les fils, au moyen de longues feuilles de fonte fixées dans des rainures venues de fonte à l'intérieur du fond. Le caractère de ce système est la facilité avec laquelle un branchement peut être établi exactement au droit du candélabre ou de la maison voulue; on remplace une des moitiés d'une des sections par une autre présentant un trou à l'endroit voulu, avec un coude de branchement boulonné sur ce trou. On a autorisé la construction d'un système de ce genre à New-York, dans Broadway, entre la 14^e et la 34^e rue, pour l'éclairage à arc, etc. Le travail est en train et le système présente par suite

assez d'intérêt. A ce système correspond un regard formé d'un fond, d'un couvercle et d'une série de bagues ou anneaux qu'on superpose à la hauteur voulue, de façon qu'on puisse faire filer la conduite à toute hauteur pour éviter les obstacles. L'une des bagues est formée d'un certain nombre de voussoirs boulonnés; on peut en enlever un quelconque et, par suite, infléchir la conduite dans une direction et sous un angle quelconques.

Tous les autres systèmes qui ont été employés pour mettre les fils sous terre, excepté le Dorsett et les divers systèmes de tirage par regards employés dans cette ville, et que l'on décrira plus loin, se réduisent à mettre en tranchée le fil recouvert, et sont sans valeur si l'on ne se borne pas à s'occuper d'un seul fil.

Parmi ces systèmes, on doit remarquer les tubes Edison. Dans ce système, qui a très bien réussi pour son usage spécial, de fortes tiges de cuivre garnies de cordes sont placées dans des tuyaux de fer, et l'intervalle est rempli d'un mélange isolant où entrent de l'asphalte de la Trinité, de la résine, de la paraffine et de l'huile de lin. Ce mélange est introduit dans le tube à la température de 149°, sous pression considérable, avec aspiration par l'autre bout pour chasser les bulles d'air. Les bouts des tubes sont bouchés avec des bouchons de bois imprégné de paraffine, qui laissent passer les tiges de cuivre. Le caractère principal de ce genre de conducteurs, et celui peut-être qui est le mieux connu de tous, c'est la manière d'assembler les tubes et les conducteurs. Les conducteurs sont reliés par de courtes pièces de câble de cuivre, terminées par des manchons convenables, lesquels, une fois en place, sont soudés sur les tiges de cuivre. La liaison en cintre ainsi formée est couverte avec de la composition chaude que l'on verse dans la petite boîte de fonte qui assemble à boulons les tuyaux. Aux carrefours, les lignes se terminent par de grandes boîtes de fonte, comme des regards, où les tiges sont reliées par de gros câbles de cuivre à un dispositif convenable placé vers le haut du regard. Ce système est trop dispendieux, sauf pour les conducteurs très lourds, mais il répond admirablement aux exigences de l'éclairage par incandescence. Dans les premiers temps de son emploi, les tuyaux minces étaient souvent endommagés par les pioches quand on travaillait à côté et par d'autres accidents extérieurs. Un léger coup de pioche suffisait à crever le tube; un peu d'eau

pénétrait alors, qui, avec le temps, pouvait donner lieu à un arc entre les conducteurs, brûler la composition, la rendre conductrice et former un court circuit. La plus grosse difficulté que l'on ait rencontrée avec ces tubes tient à ce que l'isolant se transforme en charbon sous l'influence des pertes, au moindre dérangement.

Des tubes du même genre, renfermant un gros câble formé de fils fins, ont été employés avec succès pour les fils téléphoniques partant de la Bourse de la 21^e rue, à New-York.

Un système à peu près semblable est celui de Brooks; les fils recouverts de coton sont placés dans de grands tuyaux de fer, qui sont remplis d'huile lourde de résine, de façon à empêcher l'accès de l'eau. Cette huile est un bon isolant.

Les autres systèmes sont d'une construction mécanique moins soignée : généralement, ils consistent à placer des câbles ou des fils de diverses natures dans des auges et à les couvrir d'une substance protectrice, du goudron ou de l'asphalte le plus souvent. Je citerai ainsi, à Boston, quelques fils de télégraphe ou de téléphone assemblés en un câble placé dans une auge et couvert de bitume; à New-York, quelques fils de téléphone; à Pittsburgh, quelques fils de lumière électrique placés de la même manière.

Il y a un très grand nombre d'endroits où des câbles de divers types ont été mis directement dans la terre, quelquefois sous une couverture quelconque pour les garantir des coups de pelle. Mais aucun de ces arrangements n'a d'intérêt pour nous, puisque nous ne pouvons évidemment nous en servir.

Le résultat des études de la Commission a été résumé dans son deuxième Rapport, du 30 juin 1886, dont voici les termes :

« Les principaux systèmes de canalisation souterraine peuvent se classer : 1^o par la nature des matériaux employés; 2^o par la façon dont ils sont construits et dont les fils y sont introduits.

» En ce qui concerne la nature des matériaux les conduits peuvent être :

- » 1^o En substances isolantes, bois, verre, ciment, etc.;
- » 2^o En substances conductrices, fer, etc.

» En ce qui concerne leur construction mécanique, les conduits se ramènent aux types généraux suivants :

- » 1^o Tunnels;

- » 2° Systèmes à tirage;
- » 3° Systèmes invariables;
- » 4° Systèmes à dépôt.
- » 5° Systèmes combinés.

» Les systèmes des tunnels, c'est-à-dire ceux où l'espace souterrain est assez vaste pour permettre la circulation des ouvriers chargés de placer les fils pourraient être recommandés si la Commission disposait de délais et de fonds illimités, mais les frais d'un pareil système et l'urgente nécessité d'agir sans retard interdisent d'y songer. Si jamais notre ville compte des chemins de fer souterrains dans ses moyens de transport, le tunnel pourra être utilisé pour quelques-uns des câbles principaux.

» A Paris, où le sous-sol de la ville est traversé en tous sens par de larges égouts, ce système est praticable et excellent; on ne peut y songer à New-York.

» Après le système des tunnels viennent se placer les systèmes de tirage, c'est-à-dire ceux où des regards, disposés dans les rues et reliés par des tuyaux, permettent de tirer les câbles.

» A Chicago, nous avons vu fonctionner convenablement 20 milles de canalisation de ce genre, de divers matériaux, contenant toutes sortes de fils :

» Ainsi, 8 milles de tuyaux Dorsett, en ciment, divisés en compartiments et contenant dans ces compartiments les fils municipaux de téléphones, de télégraphes et du service d'incendies, ceux de lumière électrique et ceux des diverses Compagnies de télégraphes;

» Quatre milles de canalisation en fer Johnston, divisés par des feuilles de métal et renfermant les fils de la *Postal Telegraph Company*;

» 1 mille de tuyaux de fer de 7^{cm}, 5, posés par quatre et contenant les fils de la *Western Union Telegraph Company*;

» 3 milles de tuyaux de fer contenant les fils de la *Banker's and merchant's Telegraph Company*.

» A Philadelphie, nous avons vu un système étendu de canalisation à tirage, en fer, contenant les fils d'éclairage, des téléphones et des télégraphes.

» A Boston, il y a en service environ 2 $\frac{1}{2}$ milles de ce même système.

» A Londres, 9000 milles de fils souterrains sont assemblés en câbles et tirés dans des tuyaux de fer de 7^{cm},5.

» Les systèmes invariables, c'est-à-dire ceux où les fils, définitivement noyés dans une masse isolante, ne peuvent plus être atteints qu'en défonçant la chaussée et brisant la matière isolante, ont plus ou moins bien réussi. Les membres de la Commission en ont vu plusieurs milles fonctionnant convenablement à Chicago pour la Compagnie des téléphones : les fils étaient noyés dans un ciment d'asphalte ou de goudron de gaz maintenu par des auges en bois.

» A Washington, plusieurs milles de conduites analogues servent pour l'éclairage électrique, et l'on a encore d'autres exemples de bons résultats obtenus avec ce système.

» A New-York, on emploie plusieurs systèmes de fils souterrains qui tous donnent plus ou moins de satisfaction.

» L'un des plus remarquables est celui de Brooks, employé par la *Metropolitan Telephone and Telegraph Company*. Les fils, recouverts de coton, sont mis dans un tube de fer qu'on remplit d'huile : cette huile agit comme isolant. On maintient les tubes constamment remplis à la pression voulue au moyen d'un réservoir supérieur. Les tubes de fer ont 6^{cm},25 et le système est économique, il ne revient pas à plus de 55^{fr} par mille de fil, grâce à ce que, dans un pareil tube, on peut tirer jusqu'à 300 fils de téléphone. Les fils de téléphone et ceux qui, à l'*American district* et à d'autres systèmes d'appel, ne reçoivent que des courants de faible intensité, pour lesquels il suffit d'un isolement moindre que pour d'autres usages. On dit que ce système donne toute satisfaction pour les fils téléphoniques.

» La *Western Union Telegraph Company* a dans cette ville un assez grand nombre de fils isolés à l'okonite ou à la kélite, tirés dans des tuyaux de fer de 7^{cm},5 : les joints sont faits au plomb, et des regards permettent de retirer les fils, s'il y a lieu. Cette canalisation est dans Broadway.

» En résumé, en ce qui concerne la forme de la canalisation souterraine et la façon dont les fils y sont placés :

» Nous sommes convenus que, si l'on se place au seul point de vue de l'électricien, il n'est pas de système qui ne puisse être mis en

état de fonctionner, depuis le simple fil emplombé déposé directement dans le sol jusqu'au câble isolé accroché aux parois d'un grand tunnel. Entre de très larges limites, tout système est praticable, et l'on peut venir à bout et du retard et de l'induction. C'est seulement en considérant, dans le cas de cette ville, les difficultés de construction d'ordre mécanique, ou chimique, auxquelles donnent lieu les conduites d'eau, de gaz, les égouts, les voûtes à traverser, les conduites de vapeur dangereuses, les actions destructives du gaz d'éclairage ou des égouts, qu'on reconnaît la nécessité de faire un partage attentif des divers systèmes.

» Plus tard, quand les usages de l'électricité seront plus nombreux, que sa nature sera mieux connue, il se pourra que la ville de New-York ait absolument besoin d'un grand passage souterrain destiné aux fils électriques et offrant assez d'étendue pour qu'on y puisse conduire et distribuer la puissance nécessaire à toutes les machines de la ville. Peut-être, probablement même avant que ce besoin se fasse sentir, on connaîtra mieux les qualités des diverses sortes de conducteurs électriques, les meilleures méthodes pour les mettre sous terre, et la question des souterrains électriques ne sera plus dans sa période d'étude, mais aura été élucidée dans tous ses détails.

» Alors, la Commission, ou toute autre autorité, pourra déterminer ce qui sera nécessaire pour répondre aux nécessités du moment.

» Mais les devoirs de la Commission actuelle se bornent à pourvoir aux besoins de l'heure présente et à ceux que l'on peut raisonnablement prévoir.

» Laissant donc de côté tout système de tunnel comme étant trop coûteux, nous devons aussi écarter toute combinaison qui se réduirait à mettre en terre des câbles isolés : ces câbles ne résisteraient pas à l'action chimique des gaz et des acides ; les rues seraient constamment défoncées pour l'établissement de nouvelles communications, ou en réparation des anciennes. Nous sommes donc réduits à la question des conduites ou canalisations électriques, où l'on placerait les fils ou câbles, isolés ou non, et qui, une fois posés, devraient suffire à tous les besoins du moment et du plus prochain avenir.

» En ce qui concerne les conduites, d'après l'expérience faite dans cette ville et dans d'autres, on peut dire que le système du tirage, sous une forme ou sous une autre, donnera les meilleurs résultats. On ne saurait dire au juste quelle doit être la durée du meilleur câble, et sur un type donné on ne saurait émettre que des hypothèses. Quant aux fils non renfermés dans des câbles, on est autant et peut-être plus incertain encore au sujet de leur durée et des services qu'ils pourront rendre. En tout cas, pour la distribution, il faut que les fils soient accessibles facilement, à intervalles rapprochés; d'ailleurs, la Commission ne peut prendre en considération les projets qui comporteraient le déplacement du pavé plus qu'il n'est absolument nécessaire.

» Il se peut que les lignes de fils soient mieux protégées si elles sont noyées dans un lit permanent de matière isolante, mais un système de tirage permet de laisser de la place libre pour l'établissement de nouveaux fils, sans qu'il faille fréquemment démolir les chaussées.

» En conséquence, votre Commission se prononce pour un système de tirage, à regards rapprochés, comme étant la forme de conduite qui répond le mieux aux besoins présents du service électrique. »

Jusqu'à présent, le sentiment général, qui n'avait pas été contredit par l'expérience, puisqu'il n'y avait pas d'expérience du tout, était que les conduites devaient être faites de substances non conductrices : on craignait que le métal ne blessât les isolants et ne causât des pertes à la terre; et les Compagnies qui employaient les courants les plus sensibles, les Compagnies de téléphones en particulier, déclaraient positivement que le fonctionnement de leurs fils serait troublé par la présence de grandes masses de métal environnantes.

Alors la meilleure manière de construire des conduites en matière isolante, sans emploi de tubes métalliques, était le système Dorsett, dont il a été fait un usage assez étendu à Chicago.

Il consiste en un faisceau de tubes parallèles, d'environ 6^{cm}, 25 de diamètre; la conduite est formée en juxtaposant une série de blocs faits d'un aggloméré de goudron du gaz, de poix et de sable fin et percé d'outre en outre par des ouvertures tubulaires qui, ali-

gnées les unes sur les autres, forment des tubes continus; les blocs sont cimentés au moyen d'un mastic plus mou, que l'on chauffe une fois en place avec des fers à souder et qu'on laisse ensuite refroidir : pour empêcher ce mastic de pénétrer, pendant qu'il est fondu, dans les espaces tubulaires, ceux-ci sont garnis à leur extrémité de manchons en métal ou en papier qui forment une sorte d'accouplement intérieur. Les canalisations ainsi construites aboutissent aux carrefours à des regards en brique.

Les reproches que l'on a reconnus mérités par ce système sont que les matériaux en sont cassants, poreux, qu'ils exigent de grands soins à la pose et que, n'étant pas élastiques, ils se fissurent par les changements de température, en sorte qu'on ne peut guère compter que la conduite, même exécutée convenablement, soit étanche.

Néanmoins une ligne fut établie à New-York sur la 6^e avenue, de la 23^e à la 58^e rue, sur une longueur d'environ 1,6 mille. On reconnut qu'au moins pour les circuits à arc les nombreux joints du système étaient sujets à jouer et à donner des pertes.

Un autre système, qui a été aussi proposé pour New-York, consistait à employer un mélange analogue, que l'on tenait moins dur, dans le but d'éviter les fissures, et à préserver les ouvertures des canaux en les garnissant de longs tubes de carton, sur lesquels on coulait ce mastic bitumineux ou ce mélange de sable et de bitume. Mais on ne put trouver de tubes qui ne prissent l'humidité, et la chaleur du mastic les faisait gonfler et s'ouvrir. Les fabricants d'objets en fibre durcie croyaient bien pouvoir faire les tubes convenables, mais cela demandait un outillage spécial et des essais prolongés. On songea alors aux tubes d'étain ou de tôle, et on les abandonna par la difficulté de faire de bons joints. On crut alors que le zinc échapperait à cette difficulté, et, pour l'éprouver, on fit dans la cour d'une fabrique une canalisation du système Lavril, qui consistait en tuyaux de zinc soudés noyés dans un mastic bitumineux; mais on s'aperçut que la chaleur du bitume fondait la soudure des tubes. On tourna cette difficulté en faisant un joint agrafé; on reconnut alors que la chaleur modifiait l'état général du zinc et le rendait moins durable. Ayant acquis la certitude que les tubes de zinc finiraient par s'oxyder et tomber en morceaux, on crut qu'on

assurerait mieux la liberté des conduites en remplaçant le mastic mou par une substance qui, une fois mise en place, durcirait et serait durable. A cet effet, on remplaça le mastic par un ciment de chaux hydraulique, et l'on construisit alors une ligne dans la 58^e avenue. En la posant, on reconnut que les minces tubes de zinc étaient cassants, faciles à gercer pendant la manipulation et, par suite, peu heureux. Mais on pensa que l'aggloméré donnerait dans les canaux une surface dure et lisse, même après que la petite feuille de métal serait tombée en poussière.

Après avoir complètement examiné et discuté les divers matériaux avec leurs avantages et leurs inconvénients propres, on en vint à cette conclusion que la canalisation ne devait être pour les fils qu'une protection mécanique, aussi efficace que possible, mais que le soin de la protection électrique ou de l'isolement pourrait être laissé aux fabricants de câbles ou de fils destinés à prendre place dans la conduite.

On fut d'avis que, si l'on employait des tuyaux métalliques, leur induction ne pourrait pas gêner sérieusement le fonctionnement des fils voisins, et on leur donna la préférence parce qu'ils formeraient un revêtement continu et conducteur, par lequel s'échapperaient toutes les fuites de courant sans endommager les autres câbles. En conséquence, on fit poser des tuyaux à gaz en fer, noyés dans du ciment, et cette solution paraît être la meilleure de toutes. Il y a quantité de gens sachant ajuster les tuyaux à gaz et les couvrir de ciment; ces tuyaux sont durables et absolument incombustibles. Le ciment a pour but d'empêcher le fer de se rouiller, ce qu'il fait très bien. Et si, à la longue, les tuyaux se détruisent en s'oxydant par l'intérieur, l'aggloméré solide de chaux hydraulique subsistera, laissant une conduite permanente, à surface intérieure dure et unie.

Les regards employés avec ce système de canalisation sont presque tous en briques, avec mortier de ciment hydraulique, et se terminent par un couronnement en fonte, qui sert d'assise à une fermeture étanche. Cette fermeture est assujettie à vis, avec bague de caoutchouc; mais, tandis que les anciennes fermetures Edison comportaient plusieurs vis, celles-ci n'en ont qu'une seule, qui, taraudant dans un croisillon de fer, presse sur le centre du couvercle. Quelques-unes de ces plaques de regard ont été faites en forme d'entonnoir,

afin que l'eau s'éloigne du bord et se rassemble au centre : de la sorte, séjournant moins sur le joint, elle a moins de chances de le pénétrer. La facilité que l'on trouve à ouvrir les regards en ne manœuvrant qu'une seule vis est très importante : elle épargne du temps et de la main-d'œuvre ; quand il faut ouvrir, on ferme une conduite pour la pose d'un fil : c'est un réel progrès.

En ce qui concerne l'humidité dans les conduites, les tubes de fer sont bien ce qu'il y a de mieux, étant imperméables à l'eau, pouvant même être établis étanches pour l'air, et étant recouverts de ciment, qui est aussi imperméable. Les regards sont faits de matériaux non perméables, et il ne peut y avoir d'infiltration par le joint. Des curieux ont prétendu que l'eau séjournait en quantité dans un grand nombre de regards : cela tient à ce que les joints n'avaient pas été serrés, et qu'après la construction les couvercles avaient été simplement posés, souvent même sans bague de caoutchouc ; alors les regards s'emplissent d'eau de pluie et restent pleins jusqu'à ce qu'on les vide et qu'on les nettoie pour les mettre en service. Une fois nettoyés et bien fermés, ils ne paraissent plus prendre l'eau. Pour m'en assurer, j'ai fait faire un de ces regards ordinaires en briques, et, après l'avoir complètement nettoyé et séché au grand soleil, un jour de beau temps, je l'ai fait peindre à la chaux tout autour de l'ouverture, puis je l'ai fermé. Cette peinture devait me montrer si l'eau pénétrait par le joint, auquel cas elle aurait coulé sur la peinture à la chaux et l'aurait lavée, ou si elle s'infiltrerait par les parois et le fond. Après une pluie assez violente pour mettre le joint à l'épreuve, le regard fut ouvert et trouvé parfaitement sec, la chaux intacte. Ce qui prouve qu'il n'entre d'eau ni par le muraillement ni par le couvercle.

Mais il y a une autre cause d'humidité qu'il est plus difficile de combattre : c'est la condensation de la vapeur de l'air contenu dans les tuyaux et les regards. Chaque fois qu'on ouvre un trou, il pénètre de l'air chaud, tenant plus d'humidité qu'il n'en peut garder une fois refroidi à la température du souterrain ; par suite, aussitôt le couvercle refermé, cet air dépose de la buée sur les parois du regard. Comme il est impossible d'ouvrir le regard et de le sécher, sans y laisser entrer de nouvel air, qui à son tour déposera de l'eau condensée, il n'y a pas de nettoyage qui puisse venir à bout de cette

difficulté. Or cette humidité tend à ronger les fils qui y sont exposés. Par suite, il reste encore à savoir s'il vaut mieux protéger les soudures et faire l'isolement des fils de façon que l'humidité ne puisse leur être nuisible, ou bien dessécher tout l'ensemble des conduites par un système de ventilation. Heureusement cette question n'a qu'une importance secondaire.

Quant à la façon de distribuer le courant électrique, à partir des canalisations souterraines décrites comme je viens de le dire, les autorités de New-York ont laissé aux Compagnies une latitude presque absolue.

La Compagnie des Téléphones emploie maintenant, à New-York, deux systèmes de distribution : l'un est connu sous le nom de *distribution par le toit*, et l'on en peut voir un spécimen à la 6^e avenue et à la 51^e rue ; l'autre est la *distribution par pénétration*, pratiquée à Broadway et aux Exchange Place.

En outre, il y a cinq systèmes de distribution qui s'appliquent aisément aux canalisations construites à New-York, et qui seront admis les uns et les autres, selon qu'ils seront plus commodes dans chaque cas : distribution par les candélabres, par les façades, par les caves (employée à Chicago), par les cours et par les regards. Dans le centre de Chicago, la distribution est très aisée, parce que, quand après le grand incendie on exhaussa le niveau des rues, on laissa creux le dessous des trottoirs : c'est par cet espace libre que l'on fait pénétrer les fils dans les maisons.

Le type des conduites étant arrêté, la Commission se mit en mesure d'en faire construire aussitôt. On jugea préférable, pour éviter tout accident, d'avoir des conduites distinctes pour les fils de télégraphes et de téléphones, et pour ceux de lumière électrique ; et les autorités de New-York ont pris l'habitude de réserver un côté de la rue pour une des conduites, et l'autre côté pour l'autre.

Les téléphonistes furent les premiers à se rendre compte que les fils souterrains devaient finir par être plus avantageux. Leurs affaires ayant énormément grandi, ils avaient atteint la limite de ce que pouvaient porter leurs lignes en poteaux. Il leur était difficile de se servir de nouvelles rues, toutes les rues étant déjà encombrées de fils, les leurs ou ceux d'autres compagnies. On reconnaissait que l'extension de la Téléphonie allait être arrêtée par l'impossibilité de poser de

nouveaux fils. Les propriétaires de maisons exigeaient une redevance de 1 dollar par an et par fil, ce qui, dans certains cas, finissait par faire pour un seul édifice une grosse somme. Les Compagnies de Téléphones en étaient venues à refuser des abonnements; elles allèrent donc de l'avant, et furent les premières à se prononcer pour les fils souterrains.

Après quelque résistance, les Compagnies de Télégraphe et de Lumière électrique conclurent aussi que c'était leur intérêt de se conformer au désir du public, et de mettre sous terre la plus grande partie de leurs conducteurs. En fait, aujourd'hui, de toutes les nombreuses Compagnies qui opèrent dans la ville de New-York, il n'y en a plus qu'une seule qui refuse absolument de se soumettre aux prescriptions de la loi sur les conduites souterraines, et c'est d'elle que viennent, par les neuf dixièmes, l'opposition et le tapage faits autour de cette loi.

Pour le moment, la longueur des conduites simples, établies à New-York, monte à 420 milles. Elles renferment environ 4000 milles de fils de télégraphes et de téléphones, et quelques centaines de milles de conducteurs pour l'incandescence. Dans le courant de cette semaine, la compagnie Brush va tirer ses câbles d'éclairage à arc, dans Broadway, de la 14^e à la 34^e rue. Voici une lettre de l'électricien de la *Metropolitan Telephone and Telegraph Company*, qui évalue de la manière suivante les longueurs de divers types de câbles actuellement mis en terre :

« New-York, 25 août 1888.

» J'ai recueilli un peu à la hâte les indications suivantes, relatives à la longueur des fils souterrains.

» Les longueurs de conducteurs simples, posés à New-York, sont réparties ainsi qu'il suit entre les divers types :

	Milles.
Système Brooks, posés le 28 mai 1885.....	200
Câbles Patterson, posés le 18 mars 1885.....	226
Système Edison, posés le 20 juin 1885.....	194
Câbles Patterson, isolés en 1886 et 1887.....	805
Câbles Patterson, à deux conducteurs cordés (nombre de milles de double fil), en 1888	2272

» Nous faisons construire environ 12 000 milles de conducteurs, qui seront posés en septembre et octobre.

	Milles.
Total des fils déjà posés à New-York	3697
Le nombre de milles de fils souterrains à Brooklyn est . . .	2100

» A Paris, il y a 4100 milles de fils souterrains; à Chicago, 200.

» D'après le Rapport présenté à la Convention des Téléphones du 26 septembre 1887, le nombre de milles de fils souterrains serait de 400 de Boston, et de 1000 à Pittsburgh.

» A Londres, il n'y a qu'un très petit nombre de fils téléphoniques souterrains qui relient entre eux les divers bureaux de quartier : ce n'est pas la peine d'en parler.

» J.-A. SEELY, *Électricien*. »

D'après cette lettre, on voit que dès maintenant il y a à New-York plus de fils souterrains qu'en aucun lieu du monde, Paris excepté, et les conduites déjà établies sont susceptibles de recevoir un peu plus de 30 000 milles de conducteurs. Déjà sont achevées deux lignes traversant la ville de part en part, de la Batterie au Parc, en suivant les voies les plus fréquentées, Broadway et la 6^e avenue; et, pour les parties les plus actives de la ville, on peut attendre avec confiance une transformation graduelle des lignes aériennes en lignes souterraines.

Le Comité de surveillance des Installations électriques n'oublie pas, toutefois, quels travaux et quels frais il faudra pour transformer les réseaux actuels en réseaux souterrains, et il n'a nullement le désir de contrarier les industries électriques, en les obligeant à mettre sous terre un nombre déraisonnable de fils, ou à les mettre en souterrain plus vite que ne le permettrait le bon fonctionnement de leurs services. Si l'on fait disparaître la plus grande masse des conducteurs aériens et si le reste est organisé de façon à garantir la sécurité du public, en même temps que l'intérêt même des Compagnies, on aura entièrement atteint le but désiré, et c'est à quoi le Comité s'efforce de parvenir.

Et, puisque j'ai dit un mot de cette réglementation des réseaux aériens de la ville, j'ajouterai que, depuis que je suis mêlé aux travaux des autorités locales chargées de questions électriques, on a fait faire une enquête sur tous les fils aériens par des inspecteurs choisis après de sérieux examens et reconnus compétents; on a vu ainsi

qu'il avait été fait à New-York beaucoup de mauvais et même de dangereux travaux, et que cet état blâmable et non justifié du réseau aérien avait été la principale, sinon la seule cause, du violent mouvement d'opinion en faveur des fils souterrains.

En outre, il y a une énorme quantité de fils et un grand nombre de poteaux qui ne servent pas du tout, et qui font bien la moitié, sinon les deux tiers, de tout ce qui est dans la ville.

Ainsi que je l'ai dit, on a organisé un service d'inspections et de rapports, et, en quelques mois, on a reconnu et signalé à leurs propriétaires plus de 2000 fils sans emploi, ainsi que d'autres arrangements répréhensibles. Dans chaque cas, on envoie une note à l'intéressé; huit jours après, on retourne voir la chose en question, et, si rien n'a été fait, on donne un deuxième avis; et si les fils, poteaux, etc., ne sont pas nécessaires, on envoie aussi un avis au Bureau des Encombrements (Service des Travaux publics), qui les fait enlever.

Les lampes à arc, qu'un piéton pourrait atteindre avec un parapluie, sont signalées comme *trop basses*. Les circuits qui ont un isolement particulièrement défectueux, ou de mauvais joints, sont portés *dangereux*. On a aussi relevé, comme infractions aux règles du Bureau des Assurances d'incendie, quelques cas de travaux intérieurs défectueux.

On n'a aucune idée, si l'on n'y a consacré quelque temps son attention, de l'anarchie qui régnait et qui règne encore dans le régime des communications aériennes, et l'état des fils, dans cette cité, est simplement intolérable. Toutes les autres entreprises qui impliquent un embarras des trottoirs tombaient sous l'action d'une autorité quelconque, qui pouvait leur imposer l'ordre et la propreté; rien n'avait encore été réglé quant à l'établissement des fils extérieurs, et leur état est bien celui qui peut être, quand il n'y a ni police ni surveillance.

Les Compagnies qui ont des fils ne permettent pas à d'autres de se servir des mêmes poteaux, mais jettent bas, sans donner aucun avertissement, les fils qui ne leur appartiennent pas. Les téléphonistes craignent l'induction des fils à la lumière : si donc une ligne de lumière passe du même côté de la rue, tout près de leurs poteaux, ils ne lui permettent pas de s'y attacher. Il faut donc mettre

d'autres poteaux, et le résultat est que, dans certaines rues, on a jusqu'à quatre rangées de poteaux du même côté de la chaussée; la plupart des fils viennent, dans leurs vibrations, tout près ou même contre les poteaux auxquels ils ne sont pas attachés, et les ouvriers qui montent aux poteaux ont à se faufiler à travers tous ces fils, qui ne sont pas fixés aux traverses.

Entre autres cas des fils dangereux ou d'obstacles inutiles relevés par les inspecteurs, il faut compter des lignes entières de grands poteaux s'étendant pendant des milles le long des rues, couverts de fils sans issue et hors de service : on les laissait pour ne pas faire la dépense de les enlever; d'autres lignes laissées pour maintenir un droit de passage; des circuits de lampes à arc fonctionnant pendant le jour, et laissés à portée de la main avec un isolement tombant en pièces; des paquets de fils sans emploi pendant du toit des maisons, etc.

Il fallait le travail d'inspection entrepris par ce Comité pour améliorer l'état de ces réseaux aériens et faire enlever tout ce qui était dangereux ou répréhensible.

Pour entamer les procédures légales, au moyen desquelles on obligera la Compagnie d'éclairage par arcs, la plus dangereuse, à obéir et à mettre ses fils en souterrain, ainsi que l'ont fait de bonne grâce les autres Compagnies, on a porté plainte contre l'état de sa ligne sur poteaux de la 25^e rue, entre Broadway et la 5^e avenue. Sur ce parcours, les conduites sont finies depuis quelque temps, sèches et en bon état. La ligne aérienne est si mauvaise, que, dans une seule portée, on ne compte pas moins de 13 raccords; et elle est rendue plus dangereuse encore par la présence d'une quantité de fils sans emploi, qui ne sont nullement nécessaires, mais sont en réserve sur les traverses.

On peut résumer la situation comme il suit :

Pour les télégraphes et les téléphones, le problème est pratiquement résolu : il fallait en venir aux canalisations souterraines pour trouver le logement des fils, et les conducteurs destinés à cet usage sont mis dans les tuyaux, aussi vite que le permet la marche du travail. Il y a déjà 4000 milles de ces fils mis en conduite, et 12 000 sont prêts à l'être. On évalue à 100 000 dollars l'économie annuelle sur

les frais d'entretien, due à la durée du travail que l'on peut faire en souterrain.

La pose des fils de lumière n'a pas marché aussi vite, aucune des Compagnies ne se souciant de supporter les frais de la première expérience; mais, le premier pas une fois fait, les difficultés seront surmontées à mesure qu'elles se présenteront, comme dans toutes les autres entreprises, et le système souterrain sera accepté et reçu.

En attendant, on a mis fin à la pose des fils aériens, qui se faisait sans aucune règle. Tous les fils d'une même rue devront être mis sur une seule ligne de poteaux; les fils et les poteaux sans emploi ne pourront être maintenus; toutes les constructions devront être faites sous la surveillance et le contrôle d'une autorité, comme dans le cas des autres travaux concernant le public.

ERRATA.

Le Mémoire inséré dans le *Bulletin* n° 53 de décembre dernier, sous le titre : *L'Accumulateur employé comme transformateur distributeur*, par M. B. de Montaud, n'est pas un Mémoire complet, mais une Note en réponse à l'observation verbale de M. Picou, insérée dans le *Bulletin* n° 52, la séance du 11 décembre ayant été trop chargée pour permettre à cette réponse de se produire verbalement.

Page 480, ligne 28, et page 481, ligne 2, lire fig. 17, au lieu de fig. 16.

» 481, » 3, lire fig. 18, au lieu de fig. 17.

» 481, » 12, lire schéma 18, au lieu de schéma 17.

» 481, » 13, lire fig. 16, au lieu de fig. 18.

» 482, » 16, lire fig. 16, au lieu de fig. 3.

» 482, » 17, lire bornes des lampes, au lieu de bord des lampes.

» 483, » 11, lire les schémas 16 et 14, au lieu de les schémas 18 et 14.

» 483, » 21,)

» 484, » 10,) lire fig. 19, au lieu de fig. 4.

» 485, » 7,)

» 486, » 13,)

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. Sur la meilleure forme pour un étalon de résistance. — II. Prix de la force motrice à Berlin. — III. Sur la durée des câbles sous-marins. — IV. Sur l'intensité d'aimantation de barreaux de fer doux de longueurs variables, dans un champ magnétique uniforme. — V. Le générateur Serpollet. — VI. Transmission de force motrice à Weissenbach (Autriche). — VII. Procédé de blanchiment électrique Hermite. — VIII. Nouvelle méthode pour la construction des électrodes de piles primaires et secondaires. — IX. Perfectionnements aux piles secondaires. — X. Avertisseur électrique du grison. — XI. Extension de l'éclairage électrique en Amérique. — XII. L'éclairage électrique des docks de Gand. — XIII. Électricité atmosphérique.

I. Sur la meilleure forme pour un étalon de résistance, par M. Fleming (Mémoire lu à la séance du 10 novembre de la Société physique de Londres). — L'auteur dit qu'il a essayé depuis quelque temps de construire des étalons de résistance ne présentant point les défauts bien connus des étalons ordinaires en forme de bobines, construits à la façon des bobines de l'Association britannique (1865). On sait que ces bobines sont faites en disposant en bobine un fil recouvert de soie, qui vient se loger entre un tube intérieur et une enveloppe extérieure en laiton : les bouts du fil sont soudés à de grosses tiges de cuivre, et l'espace qui renferme la bobine est rempli de paraffine. La principale objection que l'on puisse faire à ce modèle est que l'on ne peut plonger dans la glace fondante la bobine tout entière ; car alors la surface supérieure de la paraffine se refroidirait assez pour condenser l'humidité, ce qui créerait un court circuit entre les deux électrodes de cuivre : ce défaut, peu important quand l'étalon est neuf, devient assez considérable quand la couche de vernis à la laque a été usée. Un autre défaut, moins grave, est l'emploi d'une grande masse de paraffine ; cette matière étant mauvaise conductrice de la chaleur, il faut des heures pour que la bobine prenne exactement la température de la glace fondante ; de plus, le cylindre sur lequel est enroulée la bobine a une assez grande hauteur : il faut donc mettre la glace fondante dans un vase profond, dans lequel il est difficile de maintenir la même température en tous les points.

Le premier essai fait pour éliminer ces défauts consistait à employer un cylindre plus court, de diamètre intérieur plus grand, laissant moins d'espace entre lui et l'enveloppe extérieure, et à faire passer les électrodes de cuivre dans d'autres tubes de cuivre plus larges dont elles seraient isolées par l'air seulement, ces électrodes étant assujetties aux deux bouts des tubes par des bouchons paraffinés. Dans ce modèle, les perturbations dues à l'humidité étaient en partie seulement supprimées.

Ensuite, on augmenta encore le diamètre, on diminua la longueur des enveloppes et l'on renferma les électrodes dans des tubes de caoutchouc ; cette disposition donnait toute satisfaction, sauf qu'au bout d'un certain temps le caoutchouc altéré n'isolait plus les électrodes.

La forme définitivement adoptée a été celle d'une bobine enroulée en spirale plate, de façon à réduire au minimum la longueur des tubes de cuivre. Les électrodes ne sont isolées des tubes qui les renferment que par la couche d'air, sauf vers la partie supérieure

où l'on emploie le diélectrique liquide de Johnson. Les parties supérieures des tubes se terminent par des coupes d'ébonite remplies d'huile de paraffine, qui empêche entièrement l'humidité de s'étendre des tubes aux électrodes. Les deux feuilles de cuivre de l'enveloppe présentent deux gouttières annulaires; quand elles sont vissées l'une sur l'autre, ces deux gouttières forment comme un espace annulaire à section rectangulaire, qui renferme la bobine formée d'une ou plusieurs couches de fil suivant la résistance à obtenir. La bobine est noyée dans la paraffine, mais on laisse un espace libre dans la gouttière supérieure. Un trou, percé dans cette gouttière et fermé par un bouchon, sert à forcer de l'air dans l'appareil avant qu'on le plonge dans l'eau: alors, s'il y a des soudures défectueuses, on en est aussitôt averti par les bulles d'air qui s'échappent. Avec cette bobine plate, on peut employer un vase très peu profond pour mettre la glace fondante, et l'on peut se servir comme agitateur de l'enveloppe même de la boîte, en agitant le tout dans le vase.

M. Fleming dit que cette forme de bobine étalon lui a donné toute satisfaction.

(*Industries*, 16 novembre 1888.)

II. Prix de la force motrice à Berlin. — La maison Berliner Elektrizitätswerke a publié le tarif suivant pour la fourniture de la force motrice par les stations centrales, le minimum de consommation admis étant de 3000 heures par an :

Puissance en chevaux.....	1	2	3	5	8	12
Prix en francs par heure.....	0,475	0,90	1,31	2,125	3,30	4,975

(*Electrician*, 22 juin 1888.)

III. Sur la durée des câbles sous-marins. — On a émis sur la durée d'un câble sous-marin les opinions les plus diverses; il est clair que les circonstances locales, la façon dont il a été posé, le sol sur lequel il est placé sont des facteurs importants de cette durée. Mais même en mettant toutes choses au mieux, il y a bien des gens qui n'accordent pas bien longue vie à un câble sous-marin. Il est donc intéressant de recueillir toute information capable de nous donner quelque lumière sur ce sujet. Nous venons de recevoir de l'Inde des bouts d'âmes Hooper, provenant de morceaux relevés sur les câbles indo-européens au cours de diverses réparations. Ces âmes ont été fabriquées en 1868; leur résistance est maintenant de 4000 mégohms par mille à la température ordinaire; après vingt ans d'immersion, elles paraissent en aussi bon état que si elles sortaient de la fabrique.

(*Electrical Review*, 26 octobre 1888.)

IV. Sur l'intensité d'aimantation de barreaux de fer doux de longueurs variables, dans un champ magnétique uniforme, par M. TANAKADATE. — Les expériences ont porté sur des barreaux où le rapport de la longueur au diamètre variait de 13 à 22. Les barreaux ont été soumis à l'action de champs de différentes intensités, et de la mesure de leurs moments magnétiques, on a déduit l'intensité moyenne d'aimantation. Les résultats s'accordent avec ceux du professeur Ewing, qui a employé des barreaux où le rapport de la longueur au diamètre variait de 50 à 300.

L'auteur rappelle des expériences faites en 1883, où l'on faisait agir un champ magnétique constant sur des masses de fer graduellement variées. Ces masses étaient formées par un nombre variable de fils de fer. Avec un champ de 46 unités C.G.S., la déflexion du magnétomètre était sensiblement proportionnelle au nombre des fils,

celui-ci allant jusqu'à 10. Au delà de ce nombre, le rapport de la déviation au nombre des fils décroît; la déviation la plus forte était obtenue avec 25 fils, et l'on n'avait rien de plus avec 41 brins. (*British Association*, séance du 6 septembre 1888.)

V. Le générateur Serpollet, par M. Gahéry. — Un des faits industriels les plus importants à l'actif de l'année 1888 sera sans aucun doute le générateur de vapeur instantanée dû à MM. Serpollet, Avezard et Lalogo, présenté à la Société des Ingénieurs civils par M. George Lesourd.

La cause qui s'oppose le plus à l'extension de la lumière électrique privée, c'est l'emploi du générateur de vapeur.

Le petit industriel, le commerçant, le négociant, le propriétaire reculent le moment où ils s'éclaireraient électriquement à cause de l'usage indispensable d'une *machine à vapeur*. Ils entrevoient, indépendamment des ennuis occasionnés par l'entretien et la surveillance, le risque d'une explosion.

Cela étant, examinons rapidement le dispositif imaginé par les inventeurs.

Les qualités que l'on recherche dans une chaudière sont :

Une puissance de vaporisation considérable;

Une mise en train rapide;

Une sécurité parfaite contre les explosions.

Or le générateur Serpollet remplit toutes ces conditions, grâce à la forme que les inventeurs ont donnée à leur chaudière.

Celle-ci consiste en un tube d'acier de diamètre et d'épaisseur variables suivant le type de chaudière, et aplati par des laminages successifs de façon à réduire le vide intérieur du tube de 0^{mm},1 à 0^{mm},2, c'est-à-dire à des dimensions capillaires.

Les laminages se font à chaud, mais naturellement, à une température inférieure à celle où le métal se soude.

Nous avons dit que l'épaisseur et le diamètre du tube variaient avec le type de la chaudière; nous prendrons comme exemple celui de la chaudière de 1 cheval, entièrement étudié et fonctionnant actuellement :

Dimensions du tube.

Longueur.....	3 ^m
Diamètre primitif.....	55 ^{mm}
Épaisseur.....	11 ^{mm}
Poids, environ.....	32 ^{kg}

Lorsque ce tube a subi les laminages nécessaires pour l'amener à l'état capillaire précité, on l'enroule en forme de spirale, et chacune des extrémités est munie d'un ajutage; ceci fait, la chaudière est constituée.

Si, plaçant cette chaudière sur un foyer chauffé au coke, on élève ce tube à la température de 200° à 300°, il suffit d'injecter de l'eau par une des extrémités pour la recueillir à l'autre à l'état de vapeur plus ou moins sèche, à une tension qui variera également suivant la température et la longueur du tube.

Il est facile de concevoir qu'avec une surface de chauffe aussi grande la puissance de vaporisation soit considérable, et cela pour une dépense de combustible ordinaire; car, avec 4^{kg} de charbon, on peut obtenir jusqu'à 20^{kg} de vapeur à l'heure.

Nous savons que, dès que la chaudière a atteint une température de 200°, elle fonctionne aussitôt que la première goutte d'eau pénètre dans le tube; par ce fait même,

on comprend qu'il suffit de couper l'arrivée de l'eau pour qu'instantanément la vapeur cesse de se produire et que, conséquemment, le moteur s'arrête, puisqu'il n'y a pas de réserve de vapeur.

D'après les dimensions qui précèdent, on peut voir que le tube possède une résistance considérable et que toute crainte d'explosion doit être éloignée, voire rejetée entièrement, si l'on songe que la cause qui occasionne le plus ordinairement cet accident est le phénomène physique qu'offre l'eau de prendre l'état sphéroïdal, cessant ainsi d'être en contact avec le métal. Dans le cas du générateur Serpollet, il est impossible à l'eau de prendre cet état, en raison même de la forme de la chaudière celle-ci, d'ailleurs, résiste à des pressions énormes (800^{atm}) sans même subir de déformations, ainsi que l'expérience l'a démontré.

Un inconvénient non moins grave que le précédent, c'est l'incrustation, qui se trouve supprimée dans la chaudière en question, où il lui est impossible même de prendre naissance; car les sulfates ou carbonates calcaires ou magnésiens qui sont précipités sont réduits en poudre impalpable et entraînés.

Aux avantages précités on peut ajouter celui de la suppression du manomètre, du niveau d'eau de la soupape, dont l'entretien et la surveillance sont autant d'obstacles à l'usage du moteur dans les applications domestiques.

Ajoutons que le générateur est alimenté d'eau par une petite pompe à simple effet, actionnée par le moteur au moyen d'excentrique et coulisse. Un régulateur de Watt, adapté à la machine, est chargé en même temps de faire varier le débit de la pompe, grâce à un dispositif qui permet de régler la course du piston. La mise en train se fait à la main avec l'aide d'un second piston, manœuvré par un levier.

Le générateur Serpollet a déjà figuré à deux Expositions : celle de Meunerie, au pavillon de Paris, et à l'Exposition d'Hygiène et de Sauvetage, au palais de l'Industrie.

Actuellement, il fonctionne avec succès chez l'inventeur, où il actionne une petite dynamo Rehniewski placée sur le même bâti qui supporte le moteur, et alimentant 10 lampes à incandescence.

La licence de construction appartient à la Compagnie des Forges de l'Ilorme et de la Buire, qui bientôt sera en mesure de livrer couramment ces moteurs, appelés à rendre de grands services, surtout au point de vue de l'éclairage électrique.

VI. Transmission de force motrice à Weissenbach (Autriche). — Une fabrique de ciment de Weissenbach, près de Trieste, ayant reconnu la nécessité d'augmenter la puissance d'un de ses moulins, s'adressa à la maison Siemens et Halske. Les deux moulins sont éloignés de 300^m et à l'un d'eux on disposait d'une chute d'eau de 3^m; on y installa une turbine Jonval de 20 chevaux. Cette turbine mène une dynamo compound de Siemens et Halske de 11 $\frac{1}{2}$ unités, donnant, à 1000 tours, 90 ampères et 130 volts. A l'autre moulin, le moteur est une autre machine Siemens compound. Des lampes à arc et à incandescence sont branchées sur le circuit; de sorte que la dynamo mène le moteur pendant le jour et fournit l'éclairage la nuit. Le jour, on peut allumer quelques lampes sans troubler la marche du moteur.

(*Electrician*, 23 novembre 1888.)

VII. Procédé de blanchiment électrique Hermite. — M. Hermite vient de faire à l'University College de Nottingham une conférence sur le procédé de blanchiment électrolytique auquel il a donné son nom. Il a fait remarquer que chaque usine, produi-

sant elle-même son agent de décoloration, l'obtiendrait à meilleur compte; que les matières fibreuses seraient moins attaquées et que les frais seraient toujours fixes. La première opération, dans ce procédé, consiste à électrolyser une solution de chlorure de magnésium : l'eau et le sel sont décomposés à la fois, l'oxygène naissant de l'eau et le chlore du sel se combinent, formant un produit très instable doué d'un pouvoir décolorant très énergique. L'hydrogène et le magnésium se portent à l'électrode négative, le métal forme avec l'eau de la magnésie, et l'hydrogène est mis en liberté. Si dans cette liqueur on introduit une matière végétale colorée, le composé oxygéné la blanchit aussitôt, et le chlore mis en liberté se combine à l'hydrogène libre, donnant de l'acide chlorhydrique. Celui-ci, à son tour, réagit sur la magnésie et donne le chlorure de magnésium initial. Ainsi, ce procédé met en jeu un cycle complet de transformations, dans lequel on ne consomme que de l'eau, laquelle ne coûte rien. M. Hermite estime que pour blanchir un poids donné de matière colorante, il ne faudra, avec ce procédé, que la moitié de la puissance qui était nécessaire dans les procédés anciens : l'économie sera donc de 40 à 50 pour 100 pour les blanchisseurs.

(*Electrician*, 23 novembre 1888.)

VIII. Nouvelle méthode pour la construction des électrodes de piles primaires et secondaires; Note de M. Bandsept. — Les journaux américains nous apportent une grande nouvelle. M. Faure, le père des accumulateurs industriels, vient de prendre un brevet pour une pile secondaire dont les électrodes sont constituées par des matières très divisées, que l'on comprime ensuite suffisamment pour former corps, ou de dépôts pulvérulents agrégés à la surface de conducteurs, et au moyen desquelles le travail individuel de la molécule, considérée comme élément des électrodes, est substitué au travail de masse de celles-ci, agissant sous la forme de matière première concrète.

Cette invention amènerait donc une véritable révolution dans la construction des accumulateurs électriques, dont elle modifie essentiellement la constitution intime.

Or il y a là une corrélation évidente avec le système d'électrodes pour piles indiqué, il y a quelque temps déjà, par M. Bandsept, dont on connaît les travaux sur les conditions physiques de l'électrolyse. Ajoutons que la solution donnée par cet ingénieur à la question envisagée au point de vue du travail moléculaire était complète, attendu qu'elle est la conséquence d'études approfondies et de nombreuses expériences.

En généralisant la méthode, il ne s'était pas borné, en effet, comme vient de le faire M. Faure, à la simple transformation des conditions physiques des électrodes; mais il avait étendu ses transformations à l'état même de l'électrolyte.

Dans le système de M. Bandsept, cet état est réalisé par la pulvérisation du liquide employé comme réactif et choisi spécialement pour chaque nature d'électrode. Ces liquides, sous cette forme ténue, sont injectés dans les électrodes dont les pores se sont multipliés sous l'action prolongée du fractionnement, et cette injection s'opère au fur et à mesure de la compression de la masse. Dans ces conditions, les réactions sont plus nombreuses, plus promptes et plus profondes, en raison même de l'état de division extrême des éléments en présence dans le système électrolytique.

La question, envisagée à ce point de vue, ne laisse aucun doute sur l'importance des recherches et des applications dirigées, comme celles de M. C. Faure, dans cette voie. Cette solution *scientifique* doit donner des résultats plus tangibles et meilleurs.

Au moment donc où les applications de l'électrolyse industrielle vont, selon toute apparence, se localiser pendant un certain temps sur un terrain préparé par M. l'ingé-

nieur Bandsept, il n'est pas inutile de rappeler ses recherches, afin de bien établir la situation, au point historique, des progrès accomplis dans le domaine de l'Électricité.

Dans la construction des piles primaires et secondaires, on n'avait pas, jusqu'à lui, attaché assez d'importance aux effets physiques dont s'accompagne l'électrolyse, quoique ces effets soient en général fort remarquables.

Pour peu que l'on y regarde de près, on se convaincra que certaines dispositions mises à contribution par un grand nombre d'inventeurs sont en opposition manifeste avec les principes d'une bonne utilisation des forces vives qui se trouvent en jeu dans les procédés électrolytiques. On peut citer, entre autres, l'adoption d'une ample porosité pour la surface des électrodes; l'adjonction, aux supports d'accumulateurs, d'éléments actifs agissant sous la forme de matière concrète, etc.

Au cours de ses recherches sur les piles secondaires, M. Bandsept a accordé une attention spéciale aux influences physiques qui se manifestent dans le fonctionnement de ces appareils. Il a entrepris également une série d'expériences en vue de déterminer, pour les électrodes, la structure moléculaire qui favorise le mieux les effets de condensation auxquels se trouvent soumis les éléments dissociés par l'action chimique.

Cette étude fournit des indications nouvelles et précises sur le genre de porosité qu'il convient d'adopter pour les surfaces agissantes. Les constructeurs-électriciens s'appliquent, le plus souvent, à accentuer le degré de porosité des plaques de leurs éléments, en élargissant les vides destinés à recevoir le liquide. Or c'est plutôt le rapprochement des particules de la matière active qu'il faut chercher à produire, soit en soumettant celle-ci à une pression assez considérable pour combler les espaces laissés libres après le traitement industriel des plaques, soit en déposant une couche pulvérulente à la surface des électrodes.

D'une manière générale, il est avantageux de multiplier autant que possible les points de contact des poudres ainsi employées, puisque les réactions élémentaires entre les surfaces polaires et les gaz dégagés par l'électrolyse deviennent d'autant plus nombreuses, dans un espace et un temps donnés. Le problème, dans chaque cas particulier et pour chaque nature d'électrode, consiste à trouver la limite exacte dans laquelle il est possible de concilier à la fois la multiplicité réciproque avec la conductibilité, d'une part, et l'indépendance des éléments réagissants de l'autre.

M. Bandsept explique très bien cette considération dans son *Essai de Mécanique électrolytique*, en analysant le système de forces mises en jeu par le processus, et qui résultent de l'état particulier des molécules à la surface.

C'est dans la voie indiquée par son *Essai* que cet ingénieur a entrepris de nombreuses expériences avec différents corps présentant une structure moléculaire appropriée. En opérant, par exemple, sur des poudres de carbone de plus en plus ténues, et en comprimant ces poudres sous une certaine pression déterminée, il a trouvé que, dans quelques circonstances, il se produisait des actions directes entre le carbone à l'état de division extrême et l'oxygène en dissolution.

M. Bandsept en conclut qu'il serait sans doute possible, par une structure extrêmement raffinée des électrodes, de parvenir à réaliser une absorption mécanique aussi efficace peut-être que l'action chimique ordinairement mise en œuvre....

Partant de ce principe, l'auteur de la remarquable étude que nous signalons arriva à donner une solution absolument nouvelle à certains problèmes se rapportant à la dépoliarisation des piles primaires et à la conservation de la charge dans les piles secondaires. Dans ces applications, les électrodes sont constituées par des matières excessi-

vement divisées, des poudres, que l'on comprime sous pression déterminée, pendant que s'opère leur saturation au moyen de substances imprégnantes gazéifiées, choisies selon les réactions à déterminer. Par l'intermédiaire d'un pulvérisateur, ces substances sont lancées avec force sur la masse dont la solidification se produit au fur et à mesure de l'imprégnation.

Cette solution est précisément celle à laquelle M. Faure vient de s'arrêter à son tour, ainsi qu'on peut le voir par l'article que l'*Electrical World* du 27 octobre dernier consacre à la nouvelle (?) combinaison pour accumulateurs perfectionnés.

IX. Perfectionnements aux piles secondaires. — Dans l'*Electrical World* du 27 octobre se trouve décrite une nouvelle pile secondaire de M. Faure. Cette invention paraît devoir faire une révolution dans la construction des piles secondaires, car elle substitue l'action de chaque molécule à celle de la plaque prise dans son ensemble. Il y a une ressemblance frappante entre le dernier procédé décrit par M. Faure et celui de M. Bandsept qui a complètement résolu le problème de l'action moléculaire. On se souvient que M. Bandsept forme ses électrodes de métal très divisé et comprimé en planches, en même temps qu'il est arrosé d'une pluie fine d'un liquide convenable. Les réactions chimiques deviennent ainsi plus complètes et plus puissantes. A ce point de vue, on ne saurait douter de l'intérêt des travaux de M. Faure.

(*Electrician*, 16 novembre 1888.)

X. Avertisseur électrique du grison (*Revue industrielle*, 22 décembre 1888). — L'appareil de M. J. Molas, dont le fonctionnement est automatique, est disposé de manière à utiliser constamment la force ascensionnelle des gaz ou mélanges gazeux plus légers que l'air, et qui le pénètrent librement, pour l'obtention de contacts électriques destinés les uns à actionner une sonnerie hors des puits, les autres à alimenter la lampe à incandescence fixée sous l'appareil.

Cet appareil à double avertisseur a pour but :

- 1° D'annoncer au mineur tout commencement d'accumulation grisouteuse par l'allumage de la lampe à incandescence;
- 2° D'informer l'ingénieur hors des puits au même instant, en précisant l'endroit où le danger vient de naître à l'aide d'un tableau indicateur placé sous ses yeux;
- 3° De faire connaître les moments où les travaux dangereux, comme le tirage des coups de mine, peuvent s'effectuer sans inconvénients.

XI. Extension de l'éclairage électrique en Amérique (*Electrical World*, 22 décembre 1888). — La Compagnie Edison américaine a construit pour des stations centrales, pendant l'année courante, des appareils pouvant alimenter 44 000 lampes à l'aide de courants continus.

La Compagnie Westinghouse, dans le mois d'octobre seulement, a reçu des commandes pour 48 000 lampes alimentées par des courants alternatifs produits dans des stations centrales. Elle a établi 130 stations centrales dans les deux dernières années.

XII. L'éclairage électrique des docks de Gand. — Le *Bulletin international de l'Électricité* (31 décembre 1888) donne d'intéressants détails sur l'éclairage électrique des docks de Gand, mis en marche le 1^{er} janvier 1889, qui procure de grands avantages aux lignes de steamers à trafic régulier. La grande question pour les armateurs

est de charger et de décharger vite, et l'éclairage au pétrole ou au gaz était manifestement insuffisant. Dorénavant, il sera facile de faire les opérations de chargement et de déchargement la nuit et de classer les colis du premier coup.

Le courant est fourni par un turbo-moteur Parsons, placé dans la salle qui abrite la machine hydraulique donnant la pression aux grues et aux ascenseurs de l'entrepôt et des docks. Le courant est utilisé par 8 lampes à arc, système Dulait, de 1200 bougies placées sur des mâts en fer de 10^m de hauteur. Des lampes à incandescence, enfermées dans des lanternes en fonte, peuvent être descendues dans l'intérieur du navire jusqu'à fond de cale. Ces lampes sont rattachées sur le mât à des prises de courant et peuvent être enlevées lorsque le déchargement du navire est terminé.

XIII. Électricité atmosphérique (*Bull. intern.* du 7 janvier 1889). — Le vaisseau *Édouard*, du port du Havre, revenait d'Amérique avec un chargement de minerai de fer, lorsque, dans la nuit du 31 octobre, il a été surpris au milieu de l'Atlantique par un orage excessivement violent, qui s'est déchainé sur lui pendant plusieurs heures.

D'après le rapport du capitaine, le bâtiment était continuellement enveloppé d'éclairs; onze matelots furent renversés sur le pont et restèrent privés de la vue pendant près d'une demi-journée. Le second et le maître d'équipage furent également sérieusement atteints par les décharges électriques, qui enlevèrent à l'un d'eux l'usage de la parole durant cinq heures. Trois boules de feu firent explosion sur les agrès avec un bruit effrayant, projetant des éclats enflammés sur le navire et plongeant dans l'épouvante les hommes qui restaient sains et saufs sur le gaillard d'avant. De 3^h du matin à 7^h du soir, le capitaine et le pilote furent les seuls de tout l'équipage pouvant faire une manœuvre, et c'est sur eux deux que retomba pendant tout ce temps la direction du bâtiment.

La violence de cet orage, qui, d'après les renseignements précédents, a été tout à fait extraordinaire, doit être attribuée en partie à la nature du chargement du navire entièrement composé de minerai de fer.

AVIS.

VILLE DE MEAUX.

Le Maire de Meaux recevra, jusqu'au 1^{er} mars prochain, les offres des Compagnies d'électricité pour l'éclairage électrique de la ville.

La ville est en possession d'une chute d'eau.

Un exemplaire du traité en vigueur pour l'éclairage au gaz sera adressé à toutes les Compagnies d'électricité qui en feront la demande.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

—

La *quarante-troisième Réunion* mensuelle de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 6 Mars 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

MM. les Sociétaires trouveront encarté dans le présent numéro un bulletin qu'ils voudront bien retourner annoté au siège social, s'il y avait lieu de modifier les mentions qui les concernent dans la Liste générale des Membres de la Société.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 6 Février 1889.

PRÉSIDENCE DE M. P. LEMONNIER.

La séance est ouverte à 8^h30^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque

TOME VI, 1889. — N° 55.

4

de la Société, ainsi que des demandes d'admission suivantes, qui sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Bancelin (Edme-Henry), Ingénieur-Constructeur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique, 182, boulevard de la Villette, à Paris. — Présenté par MM. P. Lemonnier et A. Thomas.

Brüll (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils*, 117, boulevard Malesherbes, à Paris. — Présenté par MM. P. Lemonnier et E. Mascart.

Cini (Giuseppe), Ingénieur électricien, 12, boulevard Saint-Germain, à Paris. — Présenté par MM. F. de Nerville et William Dierman.

Jacquín (Charles), Ingénieur de la *Société de Ferranti, Patin et C^{ie}*, 79, rue Roussin, à Paris. — Présenté par MM. Ed. Hospitalier et O. Patin.

Lelouvet (Henri), Constructeur électricien, 34, rue de la Paroisse, à Versailles (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. P. Lemonnier et G. Dehenne.

Pollatschek, Ingénieur électricien, à Alexandrie (Égypte). — Présenté par MM. J. Andréani et Ed. Hospitalier.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

M. le Président fait part à la réunion des distinctions honorifiques accordées récemment aux Membres de la Société internationale des Électriciens (voir *Bulletin* n° 54, janvier 1889); il signale également la récompense, grande médaille d'honneur, que la Société d'Encouragement vient de décerner à M. E. Baudot, un des Membres du Comité de notre Société. (*Applaudissements.*)

M. le Président fait également mention de la promotion toute récente de M. Gramme au grade d'officier de la Légion d'honneur; il associe la Société à l'approbation générale que cette distinction a rencontrée dans le monde des électriciens. (*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

SUR LA VALEUR INDUSTRIELLE ET ÉCONOMIQUE DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

M. R. ARNOUX. — « La valeur véritablement industrielle des machines dynamos dépend d'un certain nombre de facteurs qu'il importe de bien mettre en évidence.

» On s'est attaché, dans ces dernières années, à faire ressortir les avantages, évidents d'ailleurs, qu'il y avait, au point de vue de l'éco-

nomie de construction, à rendre maximum l'utilisation spécifique de la matière (rapport de la puissance utilisable au poids des matériaux employés). Il y a une autre considération qui est pour le moins aussi importante que celle-ci au point de vue industriel, c'est celle du rendement avec lequel cette puissance utilisable est obtenue. Si le constructeur a intérêt à réduire le poids des matériaux employés dans ses machines, le consommateur doit préférer la machine qui a le meilleur rendement, car un mauvais rendement se paye par une dépense supplémentaire de force motrice qui, est-il nécessaire de l'ajouter, incombe au seul consommateur. Si donc l'ingénieur a égard, comme il est équitable de le faire, aux intérêts du constructeur et du consommateur, ce qu'il doit chercher à rendre maximum, c'est le produit de l'utilisation spécifique de la matière par le rendement industriel. Il est important d'insister sur ce point, car il ne faut pas croire que le rendement d'une dynamo soit indépendant de l'utilisation spécifique de la matière. Lorsqu'on demande à une masse donnée de matière de transformer des quantités d'énergie de plus en plus considérables, on constate que le rendement passe par un maximum à partir duquel il diminue indéfiniment. C'est là une loi bien connue, qui se retrouve dans tous les transformateurs que le génie de l'homme a créés. De plus, c'est un fait constant que les machines à vapeur légères et à marche rapide sont moins économiques que les moteurs plus lourds et à marche plus lente; que les canons légers impriment, avec la même charge de poudre, au même projectile, des vitesses initiales moins grandes que les canons lourds, etc.

» Si donc on désigne par P la puissance normale utilisable d'une dynamo, par η son rendement industriel et par M la masse ou poids total des matériaux mis en jeu, ce poids étant rapporté, bien entendu, à la même matière-unité comme valeur intrinsèque, ce qu'il faut rendre maximum, c'est le rapport

$$\frac{P \eta}{M}.$$

» Mais ces deux considérations ne suffisent pas pour déterminer ce qu'on pourrait appeler le *coefficient de mérite industriel* d'une dynamo. Il est évident, en effet, que ce mérite est inversement pro-

proportionnel au prix commercial de la dynamo, qu'il est également inversement proportionnel à la vitesse V de déplacement du métal actif dans les champs de force; car, en doublant, en triplant cette vitesse, on sait qu'on double, qu'on triple la puissance de la machine et qu'il n'y a aucun mérite à lui apporter un tel perfectionnement.

» Ainsi donc le coefficient du mérite C_m d'une dynamo sera très exactement représenté par la relation suivante

$$(1) \quad C_m = \frac{P \eta}{MVX},$$

à laquelle nous donnerons le nom de *formule de mérite* et qui pourra servir à comparer les machines entre elles.

» Cela posé, nous allons nous occuper des différents facteurs qui entrent dans cette formule de comparaison, et d'abord de la question des rendements.

» Généralement, les constructeurs ne font connaître que les rendements électriques de leurs machines, rendements qui n'ont d'ailleurs aucun intérêt industriel, comme on le verra plus loin; ils ne donnent pas les rendements commerciaux, soit parce qu'ils ne sont pas convenablement outillés pour ce genre de mesures, soit pour toute autre raison.

» Dans ces conditions et pour être fixés quantitativement sur la valeur réelle des rendements industriels qu'on peut atteindre en pratique, nous aurons recours aux constatations officielles effectuées et publiées par les Commissions techniques des Expositions internationales qui ont eu lieu à Paris en 1881 et à Anvers en 1885. La comparaison des rendements constatés par ces Commissions nous permettra de voir si des progrès ont été réellement réalisés dans cet ordre d'idées.

TABLEAU I (Exposition de Paris en 1881).

Désignation de la dynamo.	Vitesse angulaire en tours par minute.	Puissance			Rendement		
		méca- nique absorbée, en chevaux.	élec- trique utile, en chevaux.	élec- trique totale, en chevaux.	élec- trique.	électro- mécanique.	in- dustriel.
I. Gramme ..	475	16,13	9,5	14,84	0,64	0,916	0,589
II. Jurgensen.	800	21,68	16	20,96	0,765	0,966	0,738
III. Maxim. ...	1017	4,07	2,685	3,72	0,723	0,91	0,66
IV. Siemens ..	737	4,44	2,715	3,81	0,714	0,86	0,612
V. Siemens ..	1330	5,31	3,30	4,87	0,678	0,92	0,621
VI. Bürgin ...	1535	5,32	3,78	5,08	0,714	0,95	0,711
VII. Gramme .	1695	8,11	2,13	4,98	0,188	0,62	0,30
VIII. Gramme ..	1496	8,00	5,40	6,85	0,789	0,86	0,675
IX. Siemens ..	826	5,05	3,813	4,77	0,799	0,94	0,755
X. Weston...	1003	13,01	11,09	12,43	0,89	0,95	0,846
XI. Brush	770	13,39	9,96	11,39	0,876	0,85	0,746
XII. Brush	700	29,96	22,21	24,95	0,89	0,834	0,743
XIII. Brush	705	33,35	21,77	24,51	0,888	0,73	0,653

TABLEAU II (Exposition d'Anvers de 1885).

Désignation de la dynamo.	Vitesse angulaire en tours par minute.	Puissance			Rendement			Produit P × η .
		méca- nique absorbée, en chev.	élec- trique utile, en chev.	élec- trique totale, en chev.	élec- trique.	électro- mé- canique.	indus- trielle.	
Machine Brush, type 16 foyers n° 33.	1080	5,105	3,18	3,790	0,918	0,743	0,682	2,37
	1080	7,68	5,28	5,896	0,896	0,768	0,687	3,63
	1080	9,86	7,14	8,232	0,867	0,835	0,724	5,18
	1080	10,74	7,91	9,273	0,853	0,864	0,736	5,84
Dynamo-série à induit annulaire.	1082	11,91	8,66	10,393	0,839	0,872	0,727	6,29
	1080	12,66	9,11	11,125	0,819	0,879	0,719	6,55
	1075	13,36	9,17	11,463	0,800	0,858	0,685	6,28
	1085	13,69	8,49	12,030	0,706	0,879	0,620	5,27
Machine Crompton n° 10, type 10 foyers. Dynamo-série à induit annulaire.	1380	1,12	0,496	0,533	0,931	0,476	0,443	0,22
	1380	3,01	2,20	2,383	0,923	0,792	0,730	1,62
	1375	7,73	6,28	6,866	0,914	0,887	0,811	5,11
	1375	9,22	7,55	8,324	0,907	0,903	0,819	6,19
Poids de la machine : 600 ^{kg} .	1380	11,26	9,27	10,321	0,898	0,917	0,823	7,63
	1380	13,00	10,66	11,980	0,890	0,922	0,821	8,77
	1380	14,75	12,14	13,857	0,876	0,940	0,823	10,11
	1375	17,11	12,80	14,820	0,864	0,867	0,749	9,60

TABLEAU II (suite).

Désignation de la dynamo.	Vitesse angulaire en tours par minute.	Puissance			Rendement			Produit $P \times \tau$.
		méca- nique absorbée, en chev.	élec- trique utile, en chev.	élec- trique totale, en chev.	élec- trique.	élec- tro- mé- canique.	indus- tri- el.	
Machine Gramme, type supérieur F.	1530	4,165	1,386	1,866	0,743	0,448	0,333	0,46
	1334	5,568	2,600	3,079	0,844	0,554	0,467	1,27
Dynamo compound à induit annulaire.	1526	8,677	4,265	4,793	0,890	0,552	0,492	2,10
	1530	9,935	6,280	6,898	0,910	0,694	0,632	3,97
Machine Jaspar, type 1. A. n° 377.	1920	1,921	0,493	0,919	0,537	0,478	0,257	0,13
	1940	2,349	0,824	1,282	0,642	0,546	0,351	0,29
	1945	2,662	1,018	1,497	0,680	0,562	0,382	0,39
	1945	2,867	1,272	1,792	0,710	0,626	0,444	0,57
	1950	3,080	1,628	2,203	0,739	0,716	0,529	0,86
Dynamo compound à induit annulaire.	1950	4,210	2,612	3,370	0,776	0,800	0,620	1,62
	1950	5,031	3,253	4,151	0,784	0,826	0,647	2,11
	1950	5,955	4,086	5,262	0,777	0,884	0,686	2,81
	1950	8,213	5,864	7,781	0,754	0,946	0,714	4,17

» Le Tableau I est tiré du Rapport de la Commission technique de l'Exposition de Paris de 1881 ⁽¹⁾ et le Tableau II de celui de la Commission technique de l'Exposition d'Anvers de 1885 ⁽²⁾. Dans ces deux Tableaux, la colonne intitulée *Rendement électrique* donne la valeur du rapport de la puissance électrique utile à la puissance totale calculée en appliquant les simples lois d'Ohm et de Joule; la colonne intitulée *Rendement électro-mécanique* fait connaître la valeur du rapport de la puissance électrique totale, ainsi calculée, à la puissance mécanique totale dépensée; enfin la colonne intitulée *Rendement industriel* donne la valeur du rapport de la puissance électrique utile aux bornes à la puissance mécanique totale dépensée.

» Dans les expériences de 1881, la mesure des puissances mécaniques a été effectuée, pour les machines I, II, III, VI, VII, VIII, X, XI, XII, XIII, à l'aide de nombreux diagrammes pris sur le moteur

⁽¹⁾ *Expériences faites à l'Exposition d'Électricité de 1881*. Paris, 1883; Gauthier-Villars, libraire-éditeur.

⁽²⁾ *Comptes rendus des travaux du Comité international chargé des essais électriques* (Exposition universelle d'Anvers de 1885). Liège, 1887; imprimerie Vaillant-Carmanne.

à vapeur, et pour les machines IV, V, IX, à l'aide du dynamomètre de transmission, système Von Heffner-Alteneck.

» Comme on le voit, les rendements industriels ont varié de 0,589 et même 0,30 pour les machines Gramme I et VII à 0,846 pour la machine Weston X.

» Dans celles d'Anvers, qui ont porté sur un moins grand nombre de types, mais qui sont plus intéressantes parce qu'elles font connaître pour chaque type expérimenté les variations du rendement industriel avec la puissance utilisable, les mesures des puissances mécaniques ont été effectuées, pour les quatre machines citées, à l'aide du même dynamomètre de transmission Heffner-Alteneck, de sorte qu'elles sont toutes parfaitement comparables. Comme on le voit, les maxima des rendements industriels obtenus ont varié de 0,632 pour le type supérieur F de Gramme à 0,823 pour la machine Crompton n° 10.

» Il n'y a donc pas eu de bien grands progrès réalisés au point de vue des rendements industriels. Toutefois, il importe de faire observer que les types expérimentés à Anvers n'étaient pas réputés les meilleurs, sauf peut-être le type Crompton, et que, depuis 1885, grâce aux travaux de MM. Gisbert Kapp et J. Hopkinson, des progrès très réels ont été réalisés au point de vue des bonnes proportions du circuit magnétique et du bon fonctionnement des dynamos. L'expérience et la sélection naturelle ont montré peu à peu aux constructeurs les erreurs dans lesquelles étaient tombés les premiers constructeurs de dynamos, Gramme et Siemens, en employant des anneaux et des tambours de fer trop minces et recouverts d'épaisseurs de cuivre trop considérables dans les entrefers. La pratique journalière a montré au contraire qu'il y avait un intérêt économique majeur à diminuer considérablement l'épaisseur du cuivre dans les entrefers, à augmenter la section du fer des anneaux et des tambours et à substituer l'emploi de la tôle mince à celui du fil de fer employé par M. Gramme. On est arrivé ainsi à réaliser d'excellentes machines, ayant des rendements industriels compris entre 84 et 87 pour 100.

» L'examen des Tableaux I et II met en évidence un fait qu'il est important de noter, c'est qu'un bon rendement électrique n'est pas du tout l'indice d'un bon rendement industriel. Si, par exemple,

on compare les données fournies par le Tableau II sur le type Crompton et le type Gramme supérieur, on remarque immédiatement qu'au même rendement électrique de 91 pour 100 correspond pour le type Crompton un rendement industriel de 82 pour 100 et de 63 pour 100 pour le type supérieur F de Gramme. Cette simple remarque suffit à montrer que les données fournies par les constructeurs sur les rendements électriques de leurs machines n'ont aucune valeur commerciale.

» Nous avons fait remarquer que, si le constructeur a intérêt à économiser la matière dans ses machines, le consommateur a intérêt à faire l'acquisition d'une dynamo ayant un bon rendement industriel. Il est utile de chiffrer cet intérêt.

» Considérons, par exemple, le cas d'un industriel désirant faire l'acquisition d'une dynamo d'une puissance de 10 chevaux électriques utilisables, type d'une vente très courante en France. Il a à choisir entre un type bon marché, ayant 63 pour 100 de rendement, par exemple, et coûtant 1600^{fr}, et un type ayant 82 pour 100 de rendement, mais coûtant 2200^{fr}. Les deux machines exigeront pour être entraînées des puissances respectives de

$$\frac{10}{0,63} = 15,9, \quad \frac{10}{0,82} = 12,2,$$

15,9 chevaux et 12,2 chevaux. Le type ayant 63 pour 100 de rendement exige donc une dépense supplémentaire de force motrice de 3,7 chevaux.

» Supposons que le service de la dynamo soit d'une durée annuelle de 1000 heures, ce qui est une moyenne courante dans l'industrie. En France, on calcule que le cheval-heure produit par un moteur à vapeur revient en moyenne à 0^{fr}, 10, en tenant compte de l'amortissement du matériel et de la dépense en charbon, huile, personnel, etc. Supposons que la dépense supplémentaire des 3700 chevaux-heure exigés par la dynamo ayant 63 pour 100 de rendement ne soit comptée qu'à raison de 0^{fr}, 05 le cheval-heure. Dans ces conditions, cela fait une dépense *annuelle supplémentaire* de 185^{fr}, représentant, à 5 pour 100, l'intérêt d'une somme de 3700^{fr}, qui doit être amortie au même titre que le prix d'achat de la machine. Ainsi, le type ayant 63 pour 100 coûte en réalité à son acqué-

reur une somme de 5300^{fr}, somme qui est supérieure au double du prix d'achat de la machine ayant 82 pour 100 de rendement.

» Il est bien évident que, si la machine doit faire un service de courte durée, la question de rendement n'a plus qu'une importance secondaire. Cette question acquiert, au contraire, une importance absolument capitale lorsqu'il s'agit de l'acquisition d'une dynamo destinée à desservir une station centrale d'électricité.

» On a vu plus haut que le coefficient de mérite d'une dynamo pouvait être très exactement représenté par la formule (1), à laquelle nous avons donné le nom de *formule de mérite de la dynamo*. Il importe de faire deux observations à propos de cette formule.

» La première, c'est que, s'il y a intérêt au point de vue technique à faire entrer au dénominateur la vitesse V de déplacement du métal induit dans les champs de force, il y a intérêt au point de vue pratique à remplacer ce facteur par la vitesse angulaire ou le nombre de tours par minute. En effet, une faible vitesse angulaire présente une certaine valeur pour le consommateur, car elle permet des transmissions plus directes et peut, par conséquent, éviter les frais d'acquisition et d'amortissement d'une transmission intermédiaire et la dépense de force motrice supplémentaire pour entraîner cette transmission.

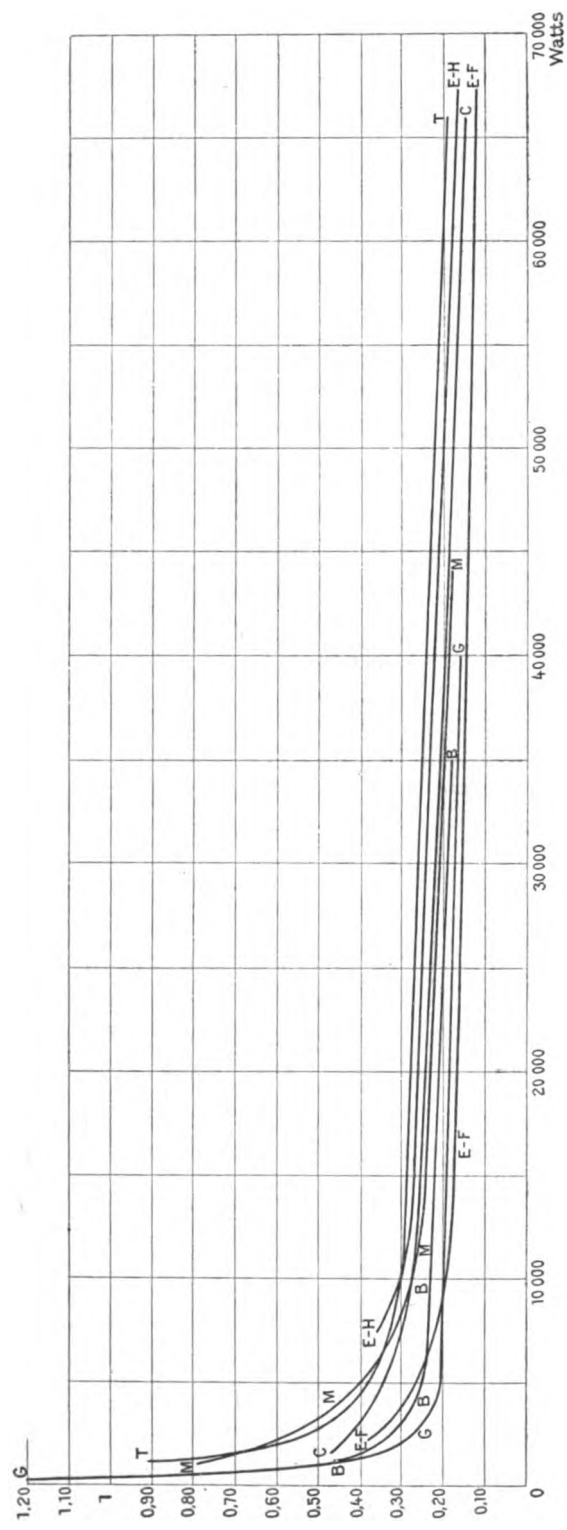
» La seconde observation est relative aux puissances absolues des dynamos comparées, car c'est un fait constant que les dynamos coûtent d'autant plus cher par watt utile qu'elles sont moins puissantes, le prix de la main-d'œuvre acquérant des valeurs relativement considérables dans la construction des petites dynamos.

» Pour fixer les idées sur ce point, nous avons tracé (*fig. 1*) les courbes de prix des séries de dynamos de quelques bons constructeurs anglais, français, etc.

» Ces courbes montrent très clairement que la loi est à très peu près la même pour tous les constructeurs et que la formule (1) doit surtout servir à comparer les dynamos ayant autant que possible la même puissance de transformation.

» Nous avons fait ressortir l'importance qu'il y a au point de vue industriel à rendre maximum le produit du rendement commercial par l'utilisation spécifique des matériaux. Nous allons insister maintenant sur les éléments de construction qui agissent sur ces deux facteurs.

Fig. 1. — Puissances en watts utilisables.



Courbe G. Série Gramme (France).
 " E-F. " Edison (France).
 " B. " Breguet (France).
 " E-II. " Edison-Hopkinson (Angleterre) } Mather et Platt (Manchester).
 " M. " Manchester (Angleterre)
 " C. " Crompton (Angleterre).
 " T. " Thury (Suisse), Ciénod et Sautter (Genève).

» Notre intention n'est pas de donner ici des règles de construction : cela serait prématuré dans l'état actuel des choses et dépasserait d'ailleurs les limites de cette Communication. Notre but, plus modeste et plus utile peut-être, est de mettre bien en lumière, par des considérations basées directement sur l'expérience et sur les résultats actuellement acquis, les grandes lignes de la question, et surtout de signaler à l'attention des ingénieurs qui abordent pour la première fois le sujet les errements dans lesquels sont tombés leurs prédécesseurs et que l'expérience a condamnés d'une façon absolue. Il importe de remarquer, en effet, que si l'homme crée et invente par intuition, il ne perfectionne que par comparaison et par sélection, son seul guide pour cela étant l'expérience. C'est un fait constant, en effet, qu'une machine, si ingénieuses qu'en soient les conceptions, n'acquiert sa véritable valeur industrielle que par les proportions judicieuses que l'expérience et la pratique journalières ont su lui donner.

» Nous avons fait remarquer que, dans les dynamos comme dans les machines à vapeur et tous les transformateurs d'énergie en général, la question de l'utilisation spécifique de la matière et celle du rendement sont souvent, pour ne pas dire toujours, deux questions connexes et réflexes ; il importe donc de les traiter toujours en même temps.

» Dans le but de faciliter l'exposé méthodique du sujet, nous examinerons d'abord la question de stabilité de fonctionnement des dynamos. On sait que les moteurs que le génie de l'homme a mis au service de l'industrie ne réalisent jamais le mouvement uniforme. Nous allons démontrer d'abord qu'en pratique les variations relatives des facteurs de la puissance électrique d'une dynamo quelconque sont *toujours supérieures* aux variations relatives de la vitesse du moteur qui l'actionne.

» En effet, désignons par F l'effort qu'un moteur doit développer pour entraîner une dynamo, par V la vitesse de déplacement de cet effort, par E et I la force électromotrice et le courant que la dynamo doit maintenir constants, le fonctionnement sera déterminé par une certaine relation

$$(1) \quad f(F, V, E, I) = 0.$$

D'autre part, le principe de la conservation de l'énergie et les lois de Joule et d'Ohm nous donnent les deux relations connues

$$(2) \quad FV = EI$$

et

$$(3) \quad E = IR.$$

» Nous avons ainsi trois relations et cinq variables. L'élimination de deux quelconques de ces cinq variables entre (1), (2) et (3) nous donnera $\frac{5(5-1)}{1.2} = 10$ équations à trois variables, dont il suffira de connaître une seule pour déterminer toutes les autres. Considérons, par exemple, la relation qui existe entre E, I et V, qui est celle de la *caractéristique* ou plutôt de la *surface caractéristique*. Soit

$$(4) \quad E = \varphi(I, V)$$

l'équation de cette surface. L'expérience a montré que les forces électromotrices dans les dynamos étaient, toutes choses égales d'ailleurs, sensiblement proportionnelles aux vitesses. Admettons ce fait, qui n'a d'ailleurs qu'une importance secondaire pour la démonstration que nous avons en vue. Dans ce cas, l'équation (4) devient

$$(5) \quad E = V \varphi(I).$$

» Rapportée à trois axes rectangulaires, cette équation est celle d'un conoïde droit ayant pour directrice l'axe OI, pour plan directeur le plan EOV, et pour directrice la caractéristique déterminée à la vitesse 1. On voit donc que la force électromotrice d'une dynamo est fonction de deux variables au moins, la vitesse à laquelle elle tourne et le courant qui la traverse. Différentions l'équation (5), il vient

$$(6) \quad \partial E = \varphi(I) dV + V \frac{\partial \varphi}{\partial I} dI;$$

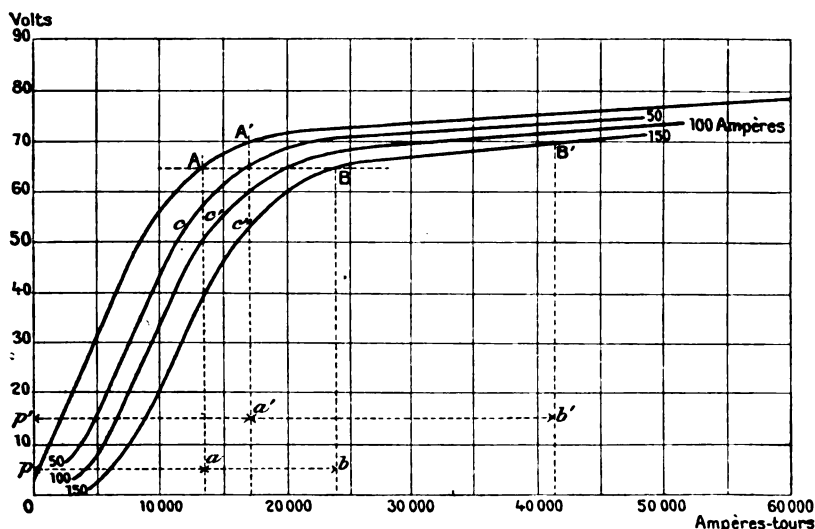
si maintenant nous divisons membre à membre les équations (6) et (5), on a

$$(7) \quad \frac{\partial E}{E} = \frac{dV}{V} + \frac{\frac{\partial \varphi}{\partial I}}{\varphi(I)} dI,$$

équation dans laquelle $\frac{\partial E}{E}$ et $\frac{\partial V}{V}$ représentent les variations *relatives* de force électromotrice et de vitesse. Dans les dynamos, la *caracté-*

ristique $\varphi(I)$, à une vitesse quelconque, étant toujours une fonction continuellement *croissante* (fig. 2), il en résulte que le second terme du second membre de l'équation (7) est une quantité toujours *positive* quel que soit I , et qui ne peut devenir nulle que dans le cas tout particulier, et impossible à atteindre en pratique, où $\varphi(I) = \text{const.}$ On voit donc que les variations relatives de la force électromotrice d'une dynamo seront toujours *supérieures* aux variations relatives de la vitesse du moteur, et qu'elles en différeront d'autant moins qu'on sera placé plus à droite sur la surface caractéristique. Mais il est facile de voir que cette stabilité relative de fonctionnement des dynamos se payera, en pratique, soit par une dépense spécifique de cuivre sur les inducteurs, soit par un abaissement du rendement.

Fig. 2.



» Examinons, en effet, la *fig. 2*, dans laquelle on a porté en abscisses les ampères-tours d'excitation, et en ordonnées les forces électromotrices. La courbe AA' est celle des forces électromotrices développées à circuit ouvert, et C, C' et C'' les courbes de différences de potentiel (caractéristiques externes de charge) pour trois régimes de la machine, à 50, à 100 et à 150 ampères. On voit immédiatement que, si nous sommes au point A à vide pour retrouver la même différence de potentiel en pleine charge (à 150 ampères, par exemple), il faut augmenter les ampères-tours d'excitation d'une

quantité égale à ab ; mais, si nous sommes placés sur le point A' plus élevé sur la courbe, pour retrouver en charge la même différence de potentiel qu'à vide, il faut augmenter les ampères-tours d'excitation d'une quantité égale à $a'b'$. Or, ce supplément bb' d'ampères-tours d'excitation, qu'il est nécessaire de développer pour donner à la dynamo une stabilité plus grande de fonctionnement, se paye forcément, en pratique, soit par un plus grand nombre de tours de fil sur les inducteurs, ce qui diminue l'utilisation spécifique du cuivre, soit par une augmentation du courant d'excitation, ce qui abaisse le rendement.

» En résumé, il n'y a pas économie à faire fonctionner une dynamo dans le coude et surtout au delà du coude de sa caractéristique, et néanmoins *toutes* les dynamos, s'excitant elles-mêmes, fonctionnent nécessairement dans cette partie de la courbe par simple raison de stabilité. Il n'y a pas d'autres raisons que celle-là, et cela fait partie des sacrifices absolument nécessaires. L'expérience montre, en effet, que si l'on fait fonctionner une dynamo à l'origine du coude de sa caractéristique, une variation de 2 pour 100 dans la vitesse du moteur qui entraîne la dynamo peut produire une variation de 40 pour 100 dans celle de la différence de potentiel aux bornes, variation absolument inadmissible en pratique.

» Si nous nous étendons sur cette question, c'est d'abord parce qu'elle n'a été traitée nulle part, à notre connaissance, et ensuite parce qu'elle présente une importance industrielle beaucoup plus grande qu'on ne croit, au point de vue de la régularité d'un éclairage et de la durée de fonctionnement des lampes à incandescence.

» Si un industriel qui tient à posséder un éclairage régulier et à ne pas consommer trop de lampes à incandescence a intérêt à avoir un moteur doté d'une marche régulière, il n'a pas moins intérêt à exiger du constructeur de dynamos que celui-ci mette assez de cuivre sur les inducteurs de ses machines pour obtenir une bonne stabilité de fonctionnement, et lui fasse constater le coefficient de stabilité de ses dynamos.

» Ce que nous venons d'exposer est applicable à une dynamo quelconque, bonne ou mauvaise. Il reste à examiner maintenant l'influence des champs magnétiques et des vitesses sur le rendement

et l'utilisation spécifiques des matériaux dans les dynamos industrielles actuelles.

» On sait que, si l'on désigne par H l'intensité moyenne d'un champ magnétique, par L la longueur du métal induit qui s'y déplace perpendiculairement aux lignes de force avec la vitesse V , on a

$$(8) \quad EI = HLVI.$$

» Si nous désignons par
 P le poids du métal induit;
 δ sa densité spécifique;
 S sa section droite;
 Δ la densité du courant qui traverse ce métal,
 l'équation précédente peut s'écrire

$$(9) \quad EI = H \frac{P}{\delta S} VI = \frac{1}{\delta} HP \Delta V;$$

d'où

$$(10) \quad \frac{EI}{P} = \frac{1}{\delta} H \Delta V,$$

équation qui montre que, pour augmenter l'utilisation spécifique $\frac{EI}{P}$ du métal actif induit, il faut chercher à augmenter l'intensité du champ magnétique, la densité du courant et la vitesse du déplacement.

» Occupons-nous d'abord de la question des champs magnétiques. On sait que, pour réaliser un champ magnétique, il faut employer un certain assemblage de matériaux, appelé *système inducteur*, composé de fer et de cuivre, possédant, par conséquent, une certaine valeur commerciale propre et sur laquelle il faut chercher à réaliser des économies au même titre que sur le métal induit.

» Il y a fort peu de temps encore, l'engouement était aux champs magnétiques intenses, et les Revues d'électricité ne manquaient jamais, en décrivant un nouveau type de dynamo, de donner la valeur de son champ magnétique. On aurait certainement été fort mal vu à cette époque si l'on était venu émettre l'opinion que les meilleures dynamos n'étaient pas celles qui avaient les champs magnétiques les plus élevés. Mais l'expérience démontra bien vite aux bons constructeurs, qui s'étaient lancés par mégarde dans cette voie,

que les champs magnétiques très élevés exigeaient de grandes dépenses de cuivre et de fer sur les inducteurs, et qu'à partir d'une certaine densité de champ dans les entrefers, densité qui variait assez peu avec le type de machine et ses dimensions absolues, on arrivait non seulement à retrouver sur les inducteurs un poids de cuivre supérieur à celui économisé sur l'induit, mais même à abaisser le rendement de la dynamo.

» Il existe actuellement trois principaux systèmes de dynamos susceptibles d'un certain avenir industriel : les machines à anneau, à tambour et à disque (1).

» Le fait d'expérience que, dans les machines à anneau ou à tambour, il n'y avait pas d'intérêt pratique à employer des champs magnétiques inférieurs à 3000 et supérieurs à 4000 unités C.G.S. nous était connu; mais la démonstration expérimentale, pour les dynamos à disques, restait encore à être faite pour certains esprits, et nous sommes heureux d'avoir eu l'occasion de la faire aussi complète que possible sur l'intéressante dynamo-disque de M. Desroziers, qui a été décrite par l'inventeur dans le *Bulletin* de la Société.

» Comme les preuves expérimentales sont toujours les plus simples et les plus irréfutables, nous nous contenterons de reproduire ici les chiffres comparatifs que nous avons publiés en décembre 1888, dans le journal *l'Électricien*, et qui sont relatifs à l'ancien type Desroziers, à champs magnétiques élevés, et au nouveau type, à champs modérés, qui a été définitivement adopté. Voici les données de ces deux types, fournissant tous deux une puissance de 16000 à 17000 watts, à 350 tours par minute.

Ancien type M (105 volts, 170 ampères à 350 tours), *induit en fil 42 sur 10.*

Poids du fil de l'induit.....	27,5 kg.
Résistance.....	0,069 ohm
Diamètre moyen.....	45,5 cm.
Densité du courant dans l'induit.....	6,83 amp. mm. carré
Watts dépensés.....	2467,4 watts

(1) Les dynamos à disque sont d'invention toute récente : la première machine à laquelle on peut donner réellement le nom de *dynamo-disque* a été imaginée et réalisée en 1881 par le professeur Antonio Pacinotti, l'inventeur des machines à anneau et collecteur. La dynamo à *volano elettro-magnetico* du professeur Pacinotti a été décrite par lui dans le numéro de septembre 1881 du *Nuovo Cimento*.

Inducteurs.

Poids du fil en dérivation	201 kg.
Résistance	5,5 ohms
Watts dépensés.....	2004,5 watts
Poids du fil en série.....	58,4 kg.
Résistance	0,0212 ohm
Watts dépensés.....	758 watts
Total des watts <i>dépensés dans l'excitation</i>	2762,5 watts
Poids total du cuivre employé	286,9 kg.
Poids total de la machine.....	1200 kg.
Densité moyenne du flux dans les entrefers.....	5700 unités C.G.S.
Rendement électrique total.....	0,775
Rendement industriel.....	0,755

Nouveau type M (105 volts, 170 ampères à 350 tours), *induit en fil* 45 sur 10.

Poids du fil de l'induit.....	42 kg.
Résistance	0,079 ohm
Diamètre moyen	55 cm.
Densité du courant dans l'induit	5,58 amp. mm. carré
Watts dépensés.....	2495 watts

Inducteurs.

Poids du fil en dérivation	88,6 kg.
Résistance	13,6 ohms
Watts dépensés.....	811 watts
Poids du fil en série.....	40 kg.
Résistance.....	0,0104 ohm
Watts dépensés.....	328,5 watts
Total des watts dépensés dans l'excitation.....	1139 watts
Poids total du cuivre employé	170,7 kg.
Poids total de la machine.....	1200 kg.
Densité moyenne du flux dans les entrefers.....	3200 unités C.G.S.
Rendement électrique total.....	0,832
Rendement industriel.....	0,81

(*A suivre.*)

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE DANS LES FANAUX DE MARINE.

M. J. REY. — « Les perfectionnements apportés depuis peu d'années à la division de la lumière électrique, et tout particulièrement l'invention des lampes à incandescence, ont permis d'employer, désormais d'une manière courante, l'électricité pour l'éclairage des navires. Déjà, maintenant, la plupart des grands paquebots qui sillonnent les océans sont munis d'une installation électrique pour leur éclairage intérieur, la dépense de force motrice nécessaire

n'étant, en général, qu'une faible fraction de l'énergie totale qu'il faut développer pour la propulsion du navire. Le temps n'est pas éloigné, croyons-nous, où il en sera de même pour les steamers de commerce.

» Les avantages que présente, pour l'intérieur du bâtiment, l'emploi de l'électricité sur toute autre source de lumière, ne sont pas moins importants, quoique d'une nature différente, s'il s'agit de l'éclairage extérieur.

» *Éclairage extérieur des navires.* — Les foyers lumineux, placés à l'extérieur des navires, sont chargés de deux services bien distincts. Ils doivent, ou bien éclairer des objets à une distance relativement grande et que l'on veut reconnaître du bord, comme les obstacles de toute nature, les détails d'une côte, d'une passe, les bouées d'un chenal, les rives d'un canal, etc., ou bien ils sont destinés à signaler le navire au loin en le faisant reconnaître par des feux nettement appropriés.

» Le premier service est fait par les projecteurs, dont l'usage va se généralisant de plus en plus; le second par les fanaux, de tout temps employés par les navigateurs, mais que le développement de la marine à vapeur et le danger croissant des abordages ont obligé de perfectionner grandement dans ces dernières années.

» Nous ne nous occuperons ici que des fanaux et des modifications qu'a introduites dans leur construction et leur fonctionnement l'éclairage électrique.

» *Emplois des fanaux.* — Les fanaux en service à bord des navires sont destinés à deux usages : les uns conviennent uniquement pour faire connaître au loin la présence, l'espèce et la position relative du navire, ce sont les feux de route ou de position; les autres sont disposés pour des communications de télégraphie optique pendant la nuit, ce sont les fanaux de signaux proprement dits.

» *Combustibles.* — Jusqu'à ces dernières années, l'éclairage des fanaux était fait uniquement à la bougie, à l'huile végétale ou au pétrole. Sur les navires de guerre, toutefois, et sur la plupart des navires de commerce, on se sert rarement encore de la bougie; mais notre marine militaire exige, néanmoins, des constructeurs de fanaux, une disposition du support de la lampe permettant d'y placer une bougie en cas d'accident.

» De ces trois combustibles, le plus avantageux, comme intensité et effet utile, est certainement le pétrole (1); mais son manie-
ment, qui n'est pas sans danger, l'a fait, jusqu'ici, proscrire de la
plupart des bâtiments de notre flotte, beaucoup d'officiers ne vou-
lant pas ajouter une nouvelle cause d'incendie à celles qui existent
déjà dans un milieu rempli de matières explosibles.

» *Optiques des fanaux.* — Quel que soit, au reste, le combustible
employé, la source lumineuse est généralement placée au foyer d'un
appareil optique, destiné, non seulement à la protéger contre les
intempéries, mais à la renforcer dans une certaine mesure.

» Les plus parfaits de ces appareils sont construits sur le principe
des phares lenticulaires. Ils sont formés d'une série d'anneaux,
d'une forme et d'une courbure déterminées, dont l'ensemble con-
stitue une lentille cylindrique à échelons. Suivant l'angle à éclairer,
ce tambour dioptrique embrasse tout l'horizon ou seulement un sec-
teur déterminé. Dans ce dernier cas, on munit l'angle obscur d'un
réflecteur en métal argenté, pour renforcer la flamme avec les
rayons qui, sans cela, seraient inutilement perdus. Quelquefois
aussi, ces fanaux sont pourvus de prismes spéciaux, dits catadiop-
triques, surmontant le tambour et dont le but est d'utiliser d'une
manière encore plus complète la lumière. On arrive ainsi à donner à
l'ensemble un pouvoir amplificateur de dix à quinze fois celui de la
source lumineuse.

» Les différentes pièces de ces optiques sont en verre taillé et
poli, suivant les dimensions exactes fournies par le calcul.

» Avec cette disposition, tous les rayons émanés du foyer optique,
placé au centre du tambour, sortiraient dans des plans parallèles à la
section du fanal et seraient ainsi exactement renvoyés à l'horizon.
Dans la pratique, cela n'a pas lieu, les sources ordinaires ayant des
dimensions finies et très appréciables. La lumière se répand alors
dans un secteur vertical dont le sommet est au centre optique et
l'angle d'ouverture sous-tendu par la dimension linéaire de la
flamme. Cet angle est ce qu'on nomme la divergence de l'appareil
pour une source donnée.

(1) On peut consulter, à cet égard, l'excellent Ouvrage de M. le capitaine de frégate
Banaré, *les Collisions en mer*. Paris, Imprimerie nationale, 1888.

» A côté de ce type parfait du fanal de marine, il en existe beaucoup d'autres de construction plus simple, moins coûteuse et, par suite, moins exacte. On se contente souvent d'optiques en verre moulé, ayant à peu près la forme d'une lentille à échelons, mais dont le pouvoir amplificateur est notablement inférieur. On emploie aussi des verres bombés, en forme de lentille convergente, assez analogues aux lanternes de chemin de fer : l'absorption de la lumière est alors considérable, l'émission très irrégulière et la portée de ces fanaux faible. Nous ne disons rien des appareils encore plus simples formés de glaces courbes, dont l'effet est de réduire sensiblement l'intensité de la source.

» *Inconvénients de l'éclairage ordinaire pour les fanaux.* — Pour les feux de route ou de position des navires à vapeur ou à voiles, la tendance actuelle, fortifiée par de cruelles expériences, est de n'employer que les appareils les plus parfaits et, autant que possible, l'éclairage au pétrole. Malheureusement, la perfection de l'optique est loin de pouvoir balancer les inconvénients inhérents à ce genre d'éclairage. L'importance capitale qu'il y a à ce que les feux de position soient toujours allumés et signalent le bâtiment à la distance réglementaire est un souci constant pour le commandant ou l'officier de quart qui, de la passerelle ou de la dunette où il se trouve, ne peut, par lui-même, se rendre compte avec exactitude de l'état des fanaux.

» Dans les mauvais temps, alors que justement il est nécessaire d'avoir des feux de route très visibles, la pluie et le vent rendent particulièrement difficiles l'allumage et la marche régulière des fanaux. S'ils viennent à s'éteindre, les difficultés pour les rallumer sont parfois considérables et l'on perd un temps précieux.

» Les inconvénients des fanaux ordinaires ne sont pas moindres, dès qu'il s'agit de les faire servir comme appareils de signaux à bord des navires de guerre. Il n'est pas inutile, à ce propos, de rappeler l'ancien système usité dans notre marine militaire et que possèdent encore les bâtiments qui ne sont pas pourvus de l'éclairage électrique.

» *Ancien système de signaux.* — Ce système est basé sur l'emploi de deux groupes de cinq fanaux, placés les uns au-dessous des autres et séparés par un certain intervalle. On les hisse, au moyen d'une drisse, à l'extrémité d'une vergue du mât d'artimon ou du

grand mât. En faisant varier le nombre et la position des fanaux allumés, on obtient une série de signaux tout à fait analogues à ceux que l'on fait de jour avec les pavillons. Il est facile de comprendre qu'avec l'éclairage à l'huile ou à la bougie la correspondance est longue et pénible. En effet, à chaque signal, il faut descendre les fanaux sur le pont et allumer ceux qui sont désignés, en éteignant les autres. Le vent et la pluie rendent cette opération souvent fort difficile. Une fois l'ensemble hissé à nouveau, il faut compter avec les accidents (rupture des optiques dans la manœuvre) et les extinctions qui sont fréquentes. De plus, on n'est jamais sûr qu'un fanal éteint pour une cause quelconque ne va pas donner un signal faux, erreur que l'on ne pourra constater qu'en faisant répéter le signal par le navire auquel il s'adresse. Enfin, malgré le soin avec lequel ils sont entretenus, ces feux manquent souvent d'intensité lumineuse.

» Notre histoire militaire renferme plus d'un exemple de l'insuffisance de cette télégraphie optique pendant la nuit entre navires d'une même escadre. Il suffira, pour s'en convaincre, de relire le récit de la bataille d'Aboukir, engagée à 8^h du soir, le 1^{er} août 1798, par Nelson, contre la flotte française, commandée par l'amiral Brueys. Nelson, par un coup d'audace, réussit à faire passer la moitié de son escadre, forte de 14 vaisseaux de ligne, entre nos bâtiments et la presqu'île d'Aboukir, contre laquelle ils s'étaient embossés à 4^{km} du rivage; l'autre moitié attaqua de front, à gauche et au centre. Ainsi pris entre deux feux, 8 de nos grands vaisseaux, les premiers en ligne, ne purent résister avec avantage, d'autant plus que toutes leurs pièces avaient été mises en batterie du côté du large, le seul que l'on crut exposé. Dès qu'il vit la manœuvre hardie de Nelson, le vice-amiral Brueys signala au contre-amiral Villeneuve, qui commandait 5 vaisseaux et 2 frégates formant la droite de la ligne française, de larguer ses amarres en se rabattant extérieurement sur la ligne anglaise, afin de la prendre à son tour entre deux feux. Cet ordre ne fut pas compris ou le signal ne fut pas vu, au dire de Villeneuve, et il ne leva pas l'ancre. La bataille ne se termina, comme l'on sait, que le lendemain, après une lutte acharnée, et seule la division de Villeneuve, qui n'avait pas tiré un coup de canon, put s'échapper.

» On est en droit, semble-t-il, d'attribuer à ce défaut de communications optiques le grand désastre subi par notre marine en Égypte, désastre qui se répéta, pour une faute tout à fait analogue, à Trafalgar, où Nelson employa la même tactique.

» *Avantages de l'éclairage électrique pour les fanaux.* — L'introduction de la lumière électrique dans les fanaux de marine, en supprimant, autant qu'il est possible, les inconvénients que nous venons de signaler, constitue un perfectionnement notable, un progrès sérieux, déjà très apprécié par les personnes compétentes.

» Cette application n'a pu être réalisée que le jour où le problème de la distribution de l'électricité par les lampes à incandescence a été entièrement résolu. Il ne fallait pas songer, en effet, à se servir de lampes à arc pour des appareils de dimensions aussi restreintes.

» Les améliorations qu'apporte l'éclairage électrique sont de deux sortes :

» 1° Une augmentation sensible de l'intensité du fanal et, par conséquent, de sa portée;

» 2° Une sécurité beaucoup plus grande pour l'allumage et l'entretien de la lampe, les chances d'extinction étant réduites dans une forte proportion.

» Examinons d'abord le premier point.

» *Intensité des fanaux électriques.* — Au lieu d'une bougie ou bien d'une lampe à huile ou à pétrole donnant, au maximum, 1 carcel ou $1\frac{1}{2}$ carcel, on peut couramment se servir de lampes à incandescence de 30 bougies ou de 3 carcel, soit d'une intensité triple de la lampe précédemment employée. Et rien n'empêcherait d'aller jusqu'à 50 ou 60 bougies. Il résulte de ce fait qu'à l'aide d'une optique dont le pouvoir amplificateur est de 4, par exemple, la portée atteinte dans l'Océan, par un temps moyen, passe de 5 milles marins environ, limite minima fixée par le Règlement international sur les fanaux de route, à $8\frac{1}{2}$ milles, du fait de la substitution d'une lampe à incandescence de 30 bougies à la lampe ordinaire.

» Toutefois, il peut se présenter des cas où l'intensité d'une lampe à incandescence ordinaire de 20 ou de 30 bougies ne paraisse pas suffisante et que l'on éprouve certaines difficultés à employer des lampes à grande intensité. Il peut alors sembler tout naturel de

placer deux ou plusieurs lampes dans l'intérieur du fanal pour en augmenter la puissance dans la même proportion. Cette solution est vicieuse ; elle ne doit pas être adoptée, car elle conduit à une mauvaise utilisation de l'énergie lumineuse.

» Une étude soignée, qui en a été faite par M. Bochet, ingénieur, membre de notre Société, et dont il a bien voulu me faire connaître les principaux résultats, le démontre suffisamment.

» *Fanaux éclairés par des lampes à incandescence.* — M. Bochet a tout d'abord étudié la répartition de la lumière en plaçant 1, 2, 4 lampes à incandescence dans un fanal genre Colomb, du type adopté par notre marine, en verre moulé, dont la section verticale est celle d'une lentille plano-convexe. Dans une première série d'expériences, le fanal était construit pour n'éclairer qu'un angle de 220° seulement, et il était muni d'un réflecteur dans la partie obscure.

» Des courbes, dont les rayons vecteurs sont proportionnels aux intensités mesurées suivant les différentes directions, soit dans le plan vertical, soit dans le plan horizontal, résument très heureusement ce genre d'expériences. Elles montrent qu'en plaçant 1 lampe à incandescence au foyer de l'optique, la répartition n'est pas uniforme dans l'espace. Ainsi, dans le plan vertical, le maximum de lumière a lieu à 10° au-dessus du plan focal horizontal. L'intensité baisse rapidement et tombe au quart environ, à 20° plus haut ou plus bas que cette inclinaison. Dans le plan horizontal, le maximum se trouve bien sur l'axe du réflecteur, mais l'intensité décroît aussi, vers les bords : à 60° environ de cet axe, elle n'est plus que le quart du maximum.

» *Fanaux munis d'un réflecteur.* — Il est évident que l'influence de l'optique et du réflecteur est considérable. La source lumineuse étant prise pour unité, soit, pour bien fixer les idées, 1 lampe de 1 carcel par exemple, l'intensité maximum s'élève à 3 carcels dans le fanal sans réflecteur et à 7 carcels dans le fanal muni du réflecteur, tout étant évalué dans le plan horizontal ou vertical passant par l'axe du réflecteur.

» *Position du filament de la lampe.* — Il n'est pas indifférent non plus de placer les deux brins du filament de charbon dans le plan de l'axe, de façon à se recouvrir l'un l'autre, ou dans un plan per-

pendiculaire. Cette dernière disposition est préférable : elle augmente l'intensité de $\frac{1}{10}$ environ, et ce résultat doit être attribué au fait que l'on évite ainsi l'absorption d'une des flammes par l'autre.

» Il est certain aussi que la forme ordinaire du filament s'écarte beaucoup de celle d'une sphère, qui, théoriquement, doit être celle d'une source lumineuse placée au foyer d'une optique géométrique. C'est là un point intéressant sur lequel nous reviendrons un peu plus loin.

» *Éclairage à 2 lampes.* — Si l'on introduit 2 lampes à incandescence dans le même fanal, il n'est pas possible de les placer toutes les deux au foyer de l'optique. On peut alors s'arranger de manière qu'elles soient disposées dans le plan de l'axe du réflecteur, en se recouvrant l'une l'autre, ou dans un plan perpendiculaire, mais toutes deux symétriques par rapport au foyer.

» Ces deux dispositions donnent des résultats différents. Avec la première, l'influence du réflecteur est encore très nette, et l'intensité maxima, mesurée à 10° au-dessus de l'horizon, est d'environ 5,2 carcels pour 2 lampes unités ; sans réflecteur, elle n'est plus que de 2 carcels. Dans le plan horizontal, le maximum est de 4 carcels avec réflecteur ; sans réflecteur, 1,7 carcel. Mais le faisceau obtenu décroît rapidement vers les bords, aussi bien en plan qu'en coupe verticale, et le secteur éclairé n'est pas plus large que celui d'une seule lampe placée au foyer.

» La seconde disposition est encore moins favorable : elle ne donne plus qu'une intensité maxima de 3 carcels dans le plan vertical, et de 2,2 carcels dans le plan horizontal ; sans réflecteur, ces chiffres se réduisent à 2,5 carcels et 1,5 carcel. Ici la démonstration est frappante : le fanal ne rend même plus ce qu'on lui donne en lumière, et l'élargissement de la zone lumineuse, en plan, est loin de compenser cette déperdition.

» *Éclairage à 4 lampes.* — Enfin, avec 4 lampes à incandescence de 10 bougies, suffisamment poussées pour valoir 1 carcel chacune, l'intensité maxima trouvée, avec le réflecteur, a été de 8,4 carcels dans le plan vertical, à 10° au-dessus de l'horizon, et de 6,58 carcels dans le plan horizontal suivant l'axe du réflecteur. Sans réflecteur, ces chiffres tombent à 3,50 et 2,78 carcels, réduits dans la proportion, déjà trouvée, de 2,5 à 1 environ. L'élargissement du champ

lumineux est surtout sensible sans réflecteur; il présente deux maxima, situés à 15° de part et d'autre de l'axe, où l'intensité est de 23 pour 100 plus élevée que suivant cet axe.

» *Défaut d'uniformité.* — On voit donc, et c'est là une remarque due à M. Bochet, combien la pratique qui consisterait à introduire plusieurs lampes dans un même fanal serait vicieuse au point de vue de l'uniformité de l'éclairement. Pour les usages maritimes, de semblables inégalités, qui se traduisent par des différences de portée suivant les divers angles éclairés, pourraient conduire à des évaluations tout à fait erronées des distances entre navires, s'il s'agissait de fanaux de position, ou bien à des erreurs de traduction, s'il était question de fanaux de signaux, pour peu que la position respective des bâtiments vint à varier.

» *Rendement lumineux du fanal électrique.* — Mais ce n'est pas la seule objection que l'on peut faire à l'emploi de plusieurs lampes dans un même fanal. La question d'économie a aussi son importance, et il est facile de voir, à l'aide des chiffres précédents, que l'utilisation de la lumière devient très incomplète.

» Ainsi, dans le cas de 2 lampes ou 2 carcels, avec la position la plus favorable, pour une dépense double, au lieu d'obtenir 7,4 carcels dans le plan horizontal, on n'en a que 4, soit une perte de 46 pour 100. Dans le plan vertical, cette perte est encore de 36 pour 100.

Si l'on emploie 4 lampes, pour une dépense quadruple, au lieu de 16 carcels dans le plan vertical et de 14,8 carcels dans le plan horizontal que l'on devrait obtenir, l'intensité est réduite à 8,4 et 6,6 carcels, soit une perte d'environ 48 pour 100. L'utilisation de l'énergie électrique ou le rendement du fanal devient de plus en plus défectueux à mesure que l'on augmente le nombre des lampes, aucune d'elles ne se trouvant placée au foyer. La disposition qui s'impose est donc celle qui consiste à n'employer qu'une seule lampe placée au foyer, dont on augmentera l'intensité suivant les besoins.

» *Fanal éclairant tout l'horizon avec plusieurs lampes.* — M. Bochet a encore examiné le cas d'un fanal genre Colomb, de même type, éclairant tout l'horizon. En plaçant une seule lampe au foyer de l'optique, il a mesuré un pouvoir amplificateur de 1,94 environ. La distribu-

tion de la lumière est, comme il est facile de le prévoir, uniforme dans le plan horizontal; dans le plan vertical elle est maximum à l'horizon.

» En plaçant quatre lampes à l'intérieur du fanal, l'inspection de la courbe montre que l'intensité n'est plus constante en tous les points du plan horizontal passant par le foyer. Elle présente une série de minima correspondant aux diagonales et aux diamètres du carré formé par les quatre lampes. Ces minima sont plus accusés sur les diamètres (8,68 carrels) que sur les diagonales (9,2 carrels). Si l'on retranche ces secteurs de faible intensité, qui représentent $\frac{1}{3}$ de la circonférence, il reste 240° d'horizon où l'intensité se maintient constante au chiffre de 11,2 carrels. L'intensité des quatre lampes à feu nu étant de 5,71 carrels, il en ressort que le pouvoir amplificateur du fanal reste le même (1,94) que dans le cas d'une seule lampe placée au foyer. Le rendement lumineux, si l'on emploie plusieurs lampes, est donc plus favorable lorsque le fanal éclaire tout l'horizon que si l'on se borne à un secteur déterminé, mais il ne faut pas perdre de vue que le grave inconvénient résultant de l'inégale répartition de la lumière subsiste toujours, l'intensité baissant de 22 pour 100 sur huit directions de l'espace.

» *Comparaison des fanaux en verre taillé et en verre moulé.* — Une dernière série d'expériences a porté sur la comparaison de deux fanaux dont les optiques étaient de même diamètre, l'une en verre moulé, genre Colomb, et l'autre lenticulaire à trois échelons en verre taillé et poli. On a également comparé plusieurs sources lumineuses : une bougie ordinaire, une lampe à incandescence de dix bougies, une autre de trente bougies présentant la disposition usuelle, puis une lampe de trente bougies dont le filament avait été contourné en hélice. Cette hélice était disposée soit dans un plan horizontal, perpendiculaire à l'axe de la lampe, soit inclinée à 45° sur ce plan. Les difficultés que présentait cette construction toute spéciale ont été habilement résolues par M. Falcout, directeur de la Compagnie des lampes incandescentes.

» Les résultats des mesures effectuées dans le plan horizontal ont montré qu'en général l'optique en verre moulé doublait l'intensité de la lumière, sans différence sensible entre les diverses

sources. L'optique en verre taillé a toujours augmenté dans une proportion notable l'intensité du fanal en verre moulé.

» Cette proportion a varié de 50 à 260 pour 100, suivant la nature de la source. Enfin, il a été reconnu que la disposition en hélice était supérieure à la forme habituelle, et que cette supériorité était surtout sensible dans le fanal en verre taillé.

» *Position à donner au filament en hélice.* — Il n'est pas indifférent non plus de placer l'hélice dans une position quelconque. L'intensité émise suivant l'axe de l'hélice, disposée dans un plan horizontal, est de 3,25 carcels à feu nu; elle devient 12,5 carcels dans le fanal en verre taillé. Si l'on fait tourner la lampe de 45° autour de son axe, l'intensité à feu nu, alors de 4,3 carcels, monte à 25 carcels dans le même fanal. Ce simple changement de position du filament a suffi pour doubler le rendement. Enfin, si l'on observe le filament incliné à 45° sur l'horizontale, l'intensité, toujours de 4,3 carcels à feu nu, devient 32,11 carcels.

» Ce dernier résultat est le plus remarquable auquel on soit arrivé. Dans cette position du filament, la répartition de la lumière est également la plus régulière.

» *Angles d'incidence des faisceaux lumineux.* — En nous reportant à ce que nous avons dit au sujet de la construction des optiques de fanaux, il est certain que les angles de divergence des faisceaux émis varieront avec les différentes sources lumineuses. L'expérience a montré qu'ils varient également avec la nature de l'optique et sont beaucoup plus forts pour les fanaux en verre moulé qu'en verre taillé. De plus, ils augmentent si l'on place plusieurs lampes dans le même fanal. C'est ainsi que quatre lampes à incandescence de dix bougies, dans un fanal en verre moulé de 20^{cm} de diamètre, donnent naissance à un faisceau dont l'angle d'ouverture est supérieur à l'angle extrême de la pénombre fourni par une seule bougie placée au foyer. Ce faisceau va s'épanouissant à mesure que l'on s'éloigne du fanal, la surface limite étant une surface gauche et non une surface conique.

» Il appartient à des personnes plus compétentes que nous en ces matières de dire s'il est préférable d'obtenir, dans les fanaux, un éclaircissement plus net, mais aussi plus limité vers les bords ou, au contraire, des faisceaux à grande divergence.

» *Conditions pour obtenir une bonne intensité.* — En résumé, au

point de vue de l'intensité des fanaux, la préférence doit être donnée aux optiques en verre taillé sur les optiques en verre moulé. L'éclairage ne doit être fourni que par une seule source lumineuse placée au foyer optique de l'appareil. La forme du filament contourné en hélice est théoriquement la meilleure.

» Ces conclusions sont surtout à prendre en considération, dans les cas où il importe d'obtenir le rendement maximum en énergie lumineuse ; s'il s'agit, par exemple, d'éclairer des fanaux à bord de petits bâtiments comme les torpilleurs, pour lesquels les questions de poids et d'encombrement priment toutes les autres considérations.

» *Sécurité du fonctionnement des fanaux électriques.* — A côté des avantages que présente l'accroissement de puissance du fanal éclairé à la lumière électrique, il en est d'autres qui ne sont pas moindres en ce qui concerne la sécurité et la facilité de fonctionnement.

» Les lampes à incandescence s'allumant à distance, sans qu'il soit nécessaire de toucher aux fanaux, présentent, de ce chef même, beaucoup moins de chances de rupture ou d'extinction que le système ordinaire. La pluie et le vent n'ont aucune action sur elles et ne peuvent plus occasionner de difficultés ni à l'allumage ni pendant le temps de leur emploi.

» Pour les signaux, la manœuvre est instantanée et il n'y a plus de pertes de temps dans les intervalles des signaux, puisque tout déplacement est évité ⁽¹⁾.

» *Fanaux à double optique.* — Toutefois, il faut prévoir, surtout pour les fanaux de route, soit une rupture de l'optique, par un choc par exemple, soit un accident arrivé à la lampe ou au circuit. Dans ce but, on a construit des fanaux formés de deux optiques identiques et superposées, au foyer de chacune desquelles est placée une lampe à incandescence. Ces deux lampes sont indépendantes l'une de l'autre, en ce qui regarde les courants qui les alimentent, mais elles sont supportées par le même chandelier.

» On peut ainsi, dans le cas où toute source d'électricité serait

(1) Les avantages de l'électricité pour les signaux sont tels, que de petits bâtiments, qui ne possèdent pas d'installation mécanique, trouvent utiles de se munir de machines électriques mues à bras. Ce sont généralement des machines de Méritens.

tarie à bord, enlever ce chandelier et le remplacer par une lampe à pétrole du type usuel, dont la flamme se trouve placée au foyer de l'optique supérieure. Le fanal fonctionne alors comme un fanal ordinaire.

» Les fanaux à double optique diminuent de moitié les probabilités d'accident et, de plus, ils permettent soit de doubler la lumière dans un cas donné, soit, au contraire, de fractionner la lumière totale suivant les besoins, ce qui est plus économique.

» *Allumages schématiques.* — Enfin un dernier avantage, que procure seul l'éclairage électrique, est la sécurité absolue obtenue par les allumages schématiques, qui permettent de se rendre compte à tout instant de l'état des fanaux.

» Ainsi, pour les feux de route, un avertisseur automatique d'extinction est placé dans la chambre des machines. Lorsque l'un des feux s'éteint pour une cause quelconque, on en est immédiatement prévenu, au point où cela est nécessaire, par une sonnerie électrique et par l'allumage instantané d'une lampe blanche, verte ou rouge, correspondant au fanal de même couleur dont l'extinction vient de se produire. Il est superflu d'insister sur la commodité de semblables dispositifs pour la surveillance des fanaux.

» *Application de l'électricité aux signaux maritimes.* — L'introduction de l'électricité dans les fanaux de signaux a transformé en grande partie les anciens systèmes de communications optiques. Plusieurs appareils ont été créés dans le but de faciliter la manœuvre, et surtout d'écarter le plus possible les causes d'erreur dans la transmission des signaux. Nous ne croyons pas inutile de faire connaître ici les manipulateurs de signaux les plus répandus.

» *Manipulateur à touches.* — Un des plus anciens, dont le principe a été appliqué pour la première fois par M. de Méritens, est le manipulateur à touches, d'un usage maintenant général dans notre Marine. Une série de onze touches, placées sur l'un des côtés d'une boîte qui renferme l'appareil, correspond à une série de onze fanaux. En combinant ces onze fanaux de toutes les manières possibles, on obtient un grand nombre de signaux, suffisants pour un langage usuel. Par le simple mouvement d'un commutateur et à l'aide de voyants démasqués électriquement par un électro-aimant placé dans le circuit de la lampe correspondante, on obtient, avant l'allumage,

sur la table du manipulateur un schéma lumineux du signal que l'on va produire.

» Il suffit pour cela d'une lampe placée dans l'intérieur de la boîte. Le signal effectué, un même mouvement du commutateur éteint les lampes, efface le schéma et replace les touches dans leur position primitive, en laissant le manipulateur prêt à produire un nouveau signal.

» Cet appareil, quoique déjà très perfectionné, n'élimine pas absolument toutes les causes d'erreur dans la composition du signal lui-même. L'opérateur qui reçoit l'ordre de transmettre un signal déterminé doit, en effet, en chercher tout d'abord la composition dans le code des signaux, puis produire sur le manipulateur la combinaison correspondante. Une erreur peut ainsi se glisser par suite du dédoublement de l'opération.

» *Manipulateur Sellner.* — Un autre appareil employé à l'étranger, en Autriche, en Angleterre et, paraît-il, également en Italie et en Allemagne, a été inventé par M. Sellner, officier de la marine autrichienne. Les fanaux de signaux sont au nombre de quatre, à deux optiques : l'une rouge et l'autre blanche, mais ce nombre peut être augmenté.

» Tous les signaux, c'est-à-dire toutes les combinaisons que l'on peut faire en variant le nombre et la position des fanaux allumés, sont inscrits sur le manipulateur lui-même. Dans une première disposition de l'appareil, il fallait, pour effectuer un signal, introduire une fiche déterminée dans un orifice *ad hoc* avant de manœuvrer le commutateur. Alors seulement le contact était possible et les lampes s'allumaient. Depuis lors, la construction a été modifiée, on a supprimé ces fiches mobiles remises par l'officier à la personne chargée de faire le signal et sujettes à s'égarer. Il suffit maintenant de tirer un verrou, placé devant chacune des combinaisons tracées sur le tableau, pour fermer le circuit correspondant et produire le signal. Un voyant, qui se démasque, permet également de vérifier si le circuit a bien fonctionné.

» Les avantages du système Sellner sont assez sérieux. L'emploi d'une deuxième couleur permet de varier les combinaisons et de diminuer, par conséquent, le nombre des lampes. En outre, les erreurs sont réduites au minimum, puisque chaque signal, avec sa

signification, est gravé sur le manipulateur. Le seul reproche que l'on puisse lui faire est une complication trop grande, qui ne permet pas de réparer facilement les avaries.

» *Manipulateur Ardois.* — Un troisième appareil, de construction plus récente encore, est le manipulateur à cadran inventé par le commandant Ardois, de la marine royale d'Espagne.

» Le principe en est le même que celui du manipulateur de Sellner, c'est-à-dire que toutes les combinaisons possibles, avec leur signification, sont inscrites sur le manipulateur, qui prend la forme d'un cadran, dont elles occupent chacune un secteur distinct, comme dans le télégraphe de Bréguet.

» Ce cadran recouvre une série de disques, en nombre égal à celui des lampes à incandescence, placés comme lui horizontalement et supportés par le même axe. Ces disques sont isolés électriquement les uns des autres et reliés chacun, par un fil spécial, à la lampe correspondante; ils ne sont pas exactement circulaires, mais présentent une saillie dans chaque secteur portant indication de l'allumage du feu auxquels ils sont reliés. La manivelle se prolonge au-dessous du cadran par un commutateur qui se meut avec elle, sans toucher les disques. Dans la masse du commutateur sont logés des pistons à ressort, de même nombre que les disques, qui ne viennent en contact avec ces derniers que dans les secteurs où ceux-ci présentent des saillies.

» Le fonctionnement de l'appareil est dès lors facile à comprendre. Le courant, provenant de la source, pénètre par l'axe du cadran et se rend dans le commutateur. Dès que la manivelle, amenée au-dessus du secteur désigné, est tournée de 90°, les contacts s'établissent avec les disques, au moyen des pistons à ressort, et les lampes correspondantes s'allument. Un verrou de sûreté oblige à éteindre le signal pour déplacer la manivelle et ne permet l'allumage que lorsqu'elle est amenée exactement au milieu de chaque secteur.

» *Inconvénients des systèmes de signaux Sellner et Ardois.* — Les deux systèmes précédents de MM. Sellner et Ardois, basés sur l'emploi de fanaux à double optique et d'un manipulateur-indicateur, présentent certainement, au point de vue de la sécurité et de la rapidité, un avantage sérieux sur le premier système. Toutefois, une

objection leur a été faite par des officiers de notre marine et nous devons la signaler. Avec deux optiques, l'une blanche et l'autre rouge, et un nombre limité de fanaux, par exemple quatre ou cinq, le nombre de combinaisons possibles est trop restreint pour pouvoir servir de base à un langage courant.

» Il faut alors recourir aux signaux en deux temps et, pour cela, former un code comprenant autant de chapitres qu'il y a de combinaisons, en réservant deux signaux, par exemple, pour indiquer les changements de titres de ces chapitres. Or le langage par des signaux en deux temps avec un signal-clef présente, paraît-il, certains inconvénients, au dire des hommes du métier.

» Nous ne pouvons nous prononcer dans ce débat; mais il nous semble que le moyen le plus simple serait, dans ce cas, d'augmenter le nombre des fanaux électriques, dont le poids et le volume sont peu considérables. Il est facile de voir, en effet, que si l'on désigne par n le nombre des fanaux à double optique, rouge et blanche, le nombre total de combinaisons que l'on pourra effectuer est donné par la formule

$$N = 2^{n-1} + 2 \times 2^{n-2} + 3 \times 2^{n-3} + \dots + (n-2)2^2 + (n-1)2 + 2n.$$

» Elle fournit :

Pour $n = 4$ fanaux.....	$N = 30$ signaux distincts.
» $n = 5$ »	$N = 62$ »
» $n = 6$ »	$N = 126$ »
» $n = 8$ »	$N = 508$ »

» Avec huit fanaux, par exemple, on arriverait, semble-t-il déjà, à un nombre suffisant de signaux simples pour les besoins de la pratique.

» *Application des signaux maritimes pendant la nuit.* — Quel que soit le système choisi, l'introduction de l'éclairage électrique dans les fanaux élargit considérablement le champ des applications, jusqu'ici assez restreint, des signaux maritimes pendant la nuit. Pour ce qui regarde les communications entre navires d'une même escadre, cuirassés, croiseurs, torpilleurs ou canonnières, ce que nous en avons dit suffit à faire comprendre tous les avantages du système. Une application nouvelle, et qui pourra prendre une certaine extension, c'est la possibilité de communiquer désormais facilement avec

la terre, les sémaphores ou les forts de défense des rades, tandis que, jusqu'ici, on ne pouvait le faire aisément que de jour. Les batteries de côtes, qui possèdent maintenant des installations complètes d'électricité pour les projecteurs, n'auraient pas de difficultés à se munir d'appareils de signaux.

» On peut se demander si la marine de commerce n'aurait pas intérêt à posséder les moyens de faire des signaux électriques pendant la nuit. Un navire pourrait ainsi indiquer, d'une façon permanente, les deux données nécessaires pour éviter presque à coup sûr les rencontres, la direction suivie et la vitesse.

» L'étude critique de nombreux cas d'abordage, dont on trouvera des résumés excellents dans l'Ouvrage si complet de M. le capitaine Banaré, a montré que, presque toujours, ces désastres arrivaient du fait d'une erreur commise par l'un des deux navires dans l'appréciation de la manœuvre de l'autre. Cette erreur serait facile à éviter si l'on pouvait signaler, instantanément et d'une façon précise, tout changement dans la marche du bâtiment au moment où l'on en donne l'ordre.

» De ces applications de l'Électricité à la marine de guerre et à la marine du commerce, la première seule a été réalisée jusqu'ici. Sur ce point encore, l'art militaire, qui a si puissamment agi sur le développement industriel moderne, aura, par contre-coup, une influence bienfaisante pour l'humanité, qu'on nous permette de le croire. La solution d'un des problèmes qu'il soulève contribuera à faire cesser, ou au moins à diminuer, dans une large mesure, ces terribles catastrophes maritimes, qui semblent une conséquence forcée du développement des échanges entre les peuples. »

M. le Président remercie M. J. Rey.

La séance est levée à 10^h 25^m.



Société d'encouragement pour l'Industrie nationale.

GRANDE MÉDAILLE DE PHYSIQUE.

La grande médaille est décernée, chaque année, à l'auteur français ou étranger de travaux qui ont exercé la plus grande influence sur les progrès de l'industrie française, pendant le cours des six années précédentes.

Le Conseil d'administration de la Société, sur la proposition du Comité des arts économiques, décerne, en 1888, la grande médaille de Physique, à l'effigie d'Ampère, à M. Émile BAUDOT, ingénieur des télégraphes.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

ARNOUX (R.). *Notice sur la nouvelle machine à disque de M. Desrozières.*

1 petite broch. in-8; Paris, G. Masson, 1888. (*Don de l'auteur.*)

Annuaire du Bureau des Longitudes pour l'an 1889. 1 vol. in-18; Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1889. (*Don des éditeurs.*)

LECLERC (Firmin). *Almanach-Annuaire de l'Électricité et de l'Électrochimie pour l'année 1889.* 1 fascicule in-8; Paris, chez l'auteur. (*Don de l'auteur.*)

Journal de la Société des Électriciens du Japon. 1 numéro envoyé par M. le Secrétaire de la Société.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

SUR LA RÉALISATION DES DIAGRAMMES ÉLECTRIQUES EN ÉLECTROSTATIQUE;

PAR M. A. PERRIN.

On sait combien il est facile de rendre visibles les lignes de force d'un champ magnétique. Tous les Traités de Physique reproduisent le fantôme produit par un aimant en fer à cheval et de la limaille de fer projetée sur une feuille de papier.

On peut par le même moyen obtenir les apparences dues soit à un pôle magnétique unique, soit à deux pôles de même nom, égaux ou inégaux.

Si l'on pouvait réaliser les mêmes cas d'équilibre lorsque le champ est constitué par des masses électrisées, on conçoit l'intérêt de semblables rapprochements pour les élèves d'un cours expérimental, surtout si le procédé employé permet ensuite de projeter l'image obtenue de façon à rendre visible à un nombreux auditoire la constitution du champ électrique.

Si l'on dispose d'une machine statique où les charges de noms contraires s'accumulent sur deux boules, on peut produire tous les cas simples que nous venons d'énumérer.

Il suffit, pour cela, de répandre, aussi également que possible, à l'aide d'un tamis en toile métallique à mailles très fines, des brins de fil de chanvre coupés en fragments de 2^{mm} à 3^{mm} de longueur, sur la surface d'une plaque de verre sur laquelle on appuie des conducteurs sphériques ou cylindriques reliés aux pôles de la machine.

1° *Champ produit par un pôle unique.* — L'un des pôles de la source est relié à l'électrode centrale de la plaque; le pourtour de celle-ci, muni de feuilles d'étain, est relié au sol, ainsi que le pôle de nom contraire de la machine, si l'on veut. La garniture métallique extérieure sert à uniformiser le champ. Avec quelques tours d'une machine de Wimshurst, de dimensions moyennes, plateaux de 45^{cm}, les filaments de chanvre se sont orientés et groupés.

2° *Deux pôles de même nom.* — Même disposition que ci-dessus, sauf que la plaque reçoit deux électrodes centrales, au lieu d'une,

reliées au même pôle de la source. Si l'on veut que ces électrodes ne soient pas au même potentiel et possèdent des charges inégales, on électrise l'une d'elles directement, et l'autre par induction, à l'aide d'un conducteur isolé qui n'enveloppe pas entièrement le pôle utilisé de la machine.

3° *Deux pôles de noms contraires.* — Les électrodes centrales M et N sont reliées respectivement aux deux collecteurs A et B de la machine, et le pourtour de la plaque de verre est mis en communication avec le milieu électrique de la source, si l'on peut déterminer ce point. (Dans la machine de Wimshurst, il suffit, pour l'obtenir, de relier entre elles par un arc métallique les armatures extérieures des bouteilles de Leyde, et de prendre une communication en un point quelconque de ce conducteur.)

Si ce point est matériellement inaccessible, on pourra installer une boule *c*, isolée du sol à égale distance entre les collecteurs A et B, et on la reliera au pourtour de la plaque.

En outre, les masses M et N devront être aussi éloignées que possible l'une de l'autre et des limites du champ, afin que l'étincelle ne jaillisse pas entre ces divers conducteurs.

La garniture extérieure, mise au niveau électrique moyen, a pour but d'éviter que l'activité du champ se concentre de préférence entre les électrodes M et N.

Si l'on voulait faire réagir des pôles inégaux, à défaut de deux machines donnant des charges à des potentiels différents, on userait de l'artifice employé dans le deuxième cas : on ferait agir l'un des collecteurs de la source, par induction, sur l'une des électrodes de la plaque.

On peut réussir également avec des fragments de fil de soie ou de filaments de verre coupés à de petites longueurs et bien tamisés ; seulement, la formation du champ est plus lente.

Une fois groupées, ces particules sont parfois suffisamment adhérentes à la plaque pour qu'on puisse la dresser verticalement sans qu'elles tombent ; on peut donc porter celle-ci dans un projecteur horizontal et la développer aux yeux de l'auditoire. On peut aussi recevoir sur un écran un faisceau parallèle réfléchi sur la plaque posée sur une glace argentée.

Ces expériences ont été poursuivies sous la direction de M. Mer-

cadier, pour le cours de Sciences appliquées, à l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes.

Un point digne de remarque est que l'on peut former le champ électrique, en appliquant les électrodes sur la plaque de verre *nue* et faisant fonctionner la machine, et ensuite *développer le fantôme électrique invisible* en projetant sur le verre les brins de chanvre ou de soie.

DESCRIPTION DU SERVICE HORAIRE DE LA VILLE DE LYON,

PAR M. CH. ANDRÉ,
Directeur de l'Observatoire.

En 1856, dès l'apparition des premières horloges électriques, la Ville de Lyon se mit en rapport avec M. Breguet et fit avec lui un projet de traité pour l'établissement d'un certain nombre de ces appareils à Lyon. L'exécution de ce traité, retardée par suite des inondations de 1856, n'eut lieu qu'en 1857. Tout d'abord le service fut fait directement par la Ville de Lyon, et les piles, ainsi que les appareils régulateurs, placés successivement dans les bureaux de la Compagnie du Gaz et dans ceux de la Voirie municipale. Plus tard, l'employé spécial chargé de ce service quitta l'Administration, et la Voirie municipale, n'ayant personne qui possédât les connaissances voulues, confia l'entretien des appareils et des lignes à M. Bailly, horloger, quai de l'Hôpital. Un traité fut passé avec lui en 1861, par suite duquel M. Bailly et, après lui, son successeur restèrent chargés jusqu'en 1888 de toutes les opérations relatives à la marche des horloges électriques.

A cette époque, la Municipalité désirant, d'une part, assurer la régularité de la transmission, afin de réaliser, dans la mesure du possible, l'unification de l'heure dans la Ville et, d'autre part, mettre à la disposition de MM. les horlogers l'heure exacte, décida de scinder le service en deux; elle confia à l'observatoire de Lyon tout ce qui concerne la transmission de l'heure et les cadrans, tandis que la Société générale des Téléphones était chargée de l'entretien des lignes sous le contrôle de la Voirie municipale. C'est la première de ces deux Sections que nous nous proposons de décrire ici.

Le Service horaire de la Ville de Lyon, tel qu'il a été installé par

l'Observatoire, avec le concours de M. Salzmann ⁽¹⁾ et de M. Le Dolley ⁽²⁾, comprend quatre parties bien distinctes :

- 1° La détermination quotidienne de l'heure exacte;
- 2° Le réglage de l'horloge distributrice du poste central établi à Lyon, au centre de la Ville;
- 3° La distribution de l'heure ainsi obtenue dans les différents points de la ville et aux horlogers;
- 4° L'étude des lignes et des cadrans.

I. — DÉTERMINATION QUOTIDIENNE DE L'HEURE.

La détermination quotidienne de l'*heure exacte* est faite à l'observatoire de Lyon par les soins du *Service méridien*, qui est l'un des organes nécessaires du Service horaire de la Ville. Les précautions les plus grandes y sont prises pour que la détermination de l'heure et sa conservation soient aussi précises que possible; mais les détails de cette organisation ne seraient point à leur place dans cet exposé.

II. — RÉGLAGE DE LA PENDULE MAÎTRESSE DU POSTE CENTRAL HORAIRE.

Le réglage de la pendule maîtresse du poste central est évidemment l'opération fondamentale de toute distribution d'heure; c'est lui qui marque la précision du système employé.

A Lyon, nous avons admis comme règle que : « l'heure fournie étant exacte à un dixième de seconde pendant *une heure déterminée* de la journée, il suffit à tous les besoins que pendant le reste du jour sa différence avec l'heure exacte soit inférieure à *une seconde* en valeur absolue ».

Cela posé, les opérations à faire pour assurer un pareil réglage sont de deux sortes :

- 1° Envoi quotidien de l'heure exacte au poste central;
- 2° Remise à l'heure de la pendule maîtresse de ce poste.

(1) M. Salzmann, qui fut mon collaborateur de la première heure et que nous venons malheureusement de perdre, était l'un des meilleurs horlogers de notre ville; il a construit les divers organes de notre système envoyeur.

(2) M. Le Dolley, inspecteur des télégraphes, en résidence à Lyon et dont le nom est bien connu de ceux qui s'occupent de télégraphie scientifique, a fait profiter de son expérience toute la partie technique de notre installation.

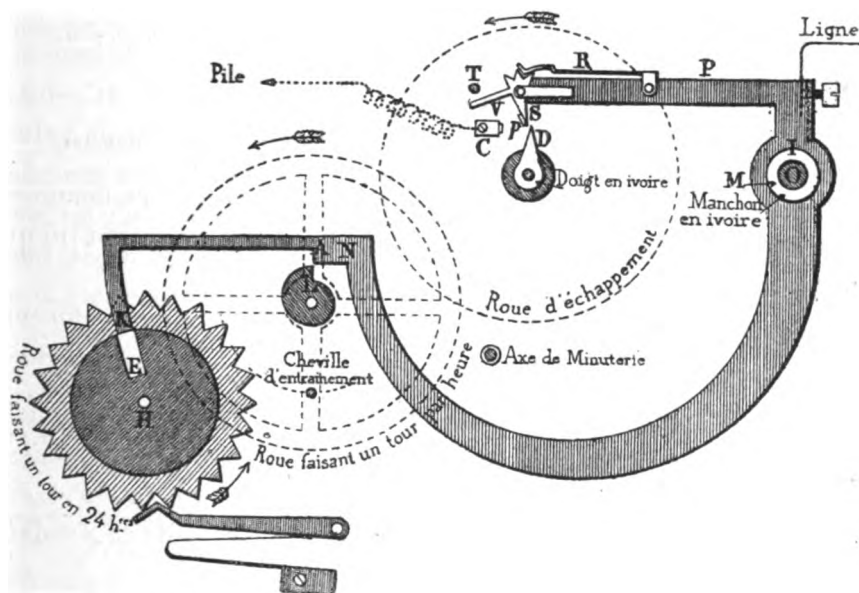
A. — Envoi quotidien de l'heure.

Le problème à résoudre est le suivant : étant donnée une pendule de temps moyen, de marche d'ailleurs faible, s'en servir pour envoyer chaque jour, à la même heure exacte, un courant de l'Observatoire au poste central, sans pour cela exercer sur sa marche une influence sensible.

Dans notre solution, on commence par faire servir la pendule à l'envoi d'un signal correspondant à une heure déterminée de son cadran (5^h 0^m 0^s du soir); puis, au moyen d'un appareil spécial, on retarde le départ de ce signal d'un intervalle précisément égal à l'état de la pendule supposée en avance (1).

1^o *Signal de la pendule.* — Le mécanisme adopté pour fermer, à une heure déterminée du cadran, le circuit allant de l'Observatoire

Fig. 1.



au poste central est construit de telle sorte que les différents rouages de la pendule y coopèrent successivement. L'axe des heures est lié à une roue H (*fig. 1*) qui fait un tour en vingt-quatre heures et qui porte une encoche E; au-dessus de cette roue est un levier PMNK

(1) Si la pendule est en retard, on change le numéro de la minute d'envoi.

mobile en O autour d'un axe, dont il est séparé par un manchon en ivoire I; lorsque, par le mouvement de la roue H, l'encoche E se trouve au-dessous du bras K, celui-ci s'abaisse jusqu'à ce que la portion N du levier s'appuie sur la circonférence du limaçon L.

Ce limaçon tourne lui-même avec l'axe de la roue des minutes et lui est ajusté de telle manière que son saillant dépasse l'arête A du levier un peu avant que l'aiguille des minutes ait achevé son tour, c'est-à-dire arrive à la minute zéro; le bras K du levier s'abaisse alors de toute la hauteur de l'arête A, la branche P du même levier s'abaisse simultanément d'une quantité correspondante et avec elle le mécanisme assureur du contact qui est le suivant : à son extrémité, la branche P porte un rochet formé de deux dents d'une part et d'autre part de deux branches rectangulaires S et V. La branche S est armée d'une goupille de platine *p*, et le ressort R, en appuyant sur la première des deux dents, maintient en temps ordinaire la branche S dans une situation déterminée par rapport au levier P; si bien que lorsque celui-ci s'abaisse, ainsi que nous venons de le voir, la branche S vient prendre une situation nouvelle par rapport au contact C, situation que, par construction, on a d'ailleurs rendue très voisine de lui. Quelques instants après, au moment précis où l'aiguille des secondes est sur la seconde zéro, c'est-à-dire au moment où la pendule marque 5^h 0^m 0^s, le doigt en ivoire D (1), qui fait corps avec l'axe de la roue d'échappement, pousse brusquement la tige S sur le contact C et ferme alors le circuit.

Ainsi, toute l'action mécanique ajoutée à celle de la pendule se réduit à soulever le ressort R, excessivement faible, et à faire parcourir un fort petit espace à la pièce SV, fort légère et fort mobile; de plus, cette action a chaque jour exactement la même valeur. L'expérience montre, d'ailleurs, qu'elle n'a sur la marche de la pendule aucune influence sensible.

Le contact ainsi établi dure pendant un temps qui ne dépend que de la forme du limaçon L; dès que, par la rotation de ce limaçon, le levier P se soulève, la branche S s'éloigne du contact C, la seconde branche V s'élève peu à peu et vient bientôt buter contre l'arrêt T:

(1) En réalité, ce doigt en ivoire a son extrémité formée par un petit rubis convenablement taillé.

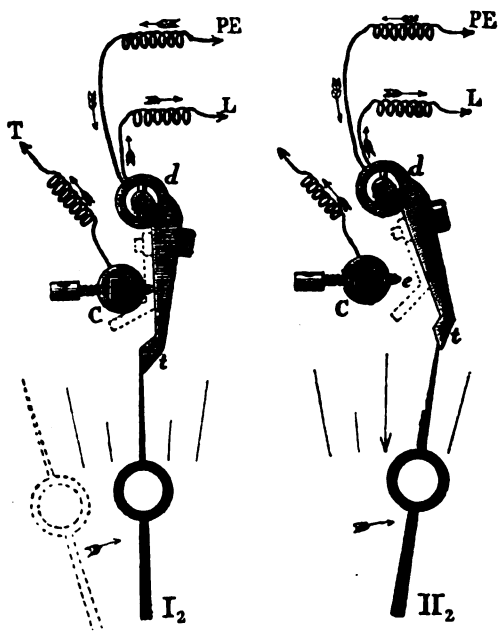
on ramène ainsi le rochet et le levier P à leur situation relative première.

2° On ramène le signal à l'heure exacte. — L'heure de départ du courant ainsi obtenu est en avance d'un intervalle précisément égal à l'état de la pendule; nous devons en retarder d'autant l'envoi dans la ligne qui va au poste central.

Dans ce but, on fait passer ce courant dans un appareil spécial que nous appelons *envoyeur du signal*.

Il ne diffère d'une horloge battant simplement la demi-seconde que par l'adjonction d'un électro-aimant inférieur dont l'armature, de forme convenable, a pour mission de tenir le balancier écarté de la verticale jusqu'au moment du passage du courant. D'un autre côté, la liaison avec la ligne du fil conducteur de cet électro-aimant (*fig. 2*) se fait en *d* sur la borne *dt*, mobile autour d'un axe hori-

Fig. 2.



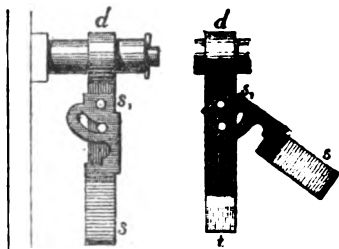
zontal, de mouvement très libre et que sa construction fait retomber d'elle-même sur la pointe *e* du contact à vis C, lequel est en communication constante avec la terre. Dans ces conditions (*I₂*), le courant PE parti de la pendule, et qui a traversé l'électro-aimant de l'envoyeur, ne dépasse pas la borne *d* et s'en va à la terre, chemin de

nulle résistance; mais dès que, par un moyen quelconque (II_2), la borne d est soulevée, le courant passe tout entier dans la ligne L et amène au poste central le signal horaire demandé.

Or, c'est ce que fait l'aiguille de l'horloge auxiliaire dont nous venons de parler, lorsque l'une de ses arêtes passe par la division zéro du cadran; si la correction de la pendule d'envoi était d'un nombre exact de secondes, il suffirait donc d'avoir au préalable placé l'aiguille à la division convenable du cadran pour avoir retardé l'envoi du signal de la quantité nécessaire et l'avoir fait partir à l'heure exacte.

Le balancier de l'envoyeur du signal ne pouvant évidemment être retenu par l'armature de l'électro-aimant que d'un côté de son oscillation, l'intervalle d'une demi-seconde est obtenu au moyen d'une addition à la borne d . Cette pièce additionnelle en platine, dont le mode d'attache à la borne d est représenté dans la *fig. 3*, est creusée

Fig. 3.

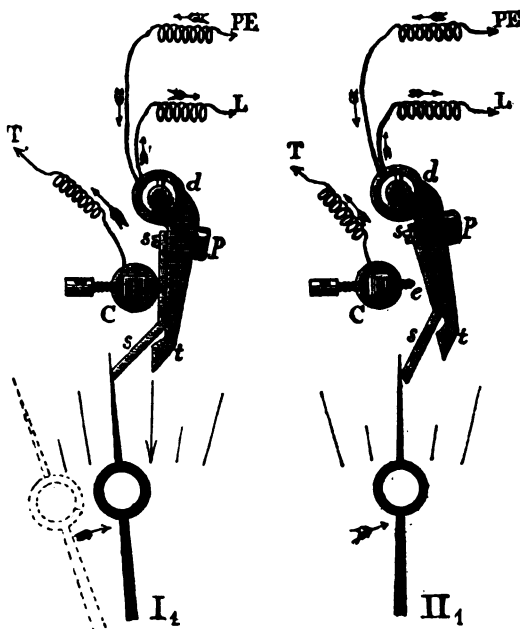


en face de la vis e , pour la laisser appuyée contre la borne d , et est terminée inférieurement par un relèvement s dont la longueur est telle qu'elle correspond à une demi-seconde du cadran (*fig. 4*). Lorsque cette pièce additionnelle est baissée (I_1), l'aiguille soulève donc la borne d une demi-seconde avant la seconde zéro; et, lorsqu'elle passe par la seconde zéro (II_1), le courant traverse la ligne depuis une demi-seconde.

L'appareil que nous décrivons en ce moment permet donc d'envoyer à volonté, soit l'un, soit l'autre de deux signaux donnés automatiquement par la pendule, distants de $0^s,5$ et entre lesquels le signal exact serait compris. Or, comme, en supposant l'état de la pendule donné en dixièmes de seconde, un de ces deux signaux qu'on peut envoyer diffère du signal exact au plus de deux dixièmes de

seconde, cet envoyeur permettrait d'obtenir chaque jour un signal correspondant non plus exactement à $5^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$, mais dont l'intervalle à $5^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$ serait maximum de $0^{\text{s}},2$ en valeur absolue.

Fig. 4.



Une telle approximation serait évidemment suffisante dans la plupart des cas. Mais nous obtenons une précision plus grande en faisant passer ce courant dans des relais spéciaux dont les temps d'armature, déterminés expérimentalement et souvent vérifiés, permettent de retarder l'envoi du signal à volonté de $0^{\text{s}},1$, $0^{\text{s}},2$, $0^{\text{s}},3$ ou $0^{\text{s}},4$ ⁽¹⁾.

En conclusion, nous envoyons tous les jours au poste central horaire un signal dont l'époque est distante de $5^{\text{h}}0^{\text{m}}0^{\text{s}}$ d'un dixième de seconde au maximum ⁽²⁾.

(1) Avec le même relais, en changeant le poids de l'armature, la distance qu'elle a à parcourir et la tension de son ressort, nous avons pu faire varier de $0^{\text{s}},09$ à $0^{\text{s}},78$ le temps d'armature, qui reste d'ailleurs constant dans chaque cas.

(2) Ce système d'envoi permet de réitérer le signal à des intervalles égaux d'une minute, pendant toute la durée du courant de la pendule; c'est un précieux avantage.

B. — Remise à l'heure de la pendule du poste central.

Cette opération se subdivise en deux :

- 1° Détermination de l'état de la pendule ;
- 2° Réglage de cette pendule.

1° *État de la pendule du poste central.* — A son arrivée dans le poste central, le courant envoyé par l'Observatoire passe dans la bobine de l'électro-aimant d'une pendule auxiliaire tout à fait analogue à celle de l'envoyeur du signal, mais dont le balancier est réglé pour faire 59 ou 61 oscillations en une minute; ce balancier, laissé libre par suite du passage du courant, se met en mouvement, et ses oscillations, d'abord distinctes de celles du balancier de la pendule, coïncideront avec elles aussitôt que l'intervalle écoulé sera égal en soixantièmes de seconde à la différence qui existe entre l'heure de la pendule et l'heure exacte si la pendule est en avance, et au complément de ce nombre si elle est en retard.

Un moyen commode d'apprécier cette coïncidence consiste à fixer un microphone sur la platine de chacune des deux pendules, pendule maîtresse du poste et pendule auxiliaire (à cause de son rôle nous l'appelons *pendule vernier*) (1); on fait traverser ces deux microphones par un même courant, et l'on en reçoit les sons dans une seule et même oreille téléphonique. La coïncidence s'estime ainsi très facilement à trois ou quatre oscillations près de la pendule maîtresse.

L'état de la pendule est donc ainsi déterminé, même par une personne peu exercée, bien certainement au dixième de seconde.

2° *Réglage de la pendule du poste central.* — *Définition.* — En principe, pour régler une pendule, il faut chaque jour rendre nuls : son *état*, différence entre l'heure qu'elle marque et l'heure exacte; et sa *marche*, variation diurne de cette différence. Mais, en pratique, comme les pendules maîtresses de notre poste central ne doivent pas avoir une marche supérieure à une seconde, il suffit évidemment ici, d'après la règle que nous avons admise, d'apporter à leur mouvement oscillatoire une modification, non brusque et telle qu'au bout d'un intervalle de temps suffisamment court leur état soit devenu nul.

(1) M. Hipp lui donne le nom de *pendule à coïncidences*.

Application. — Pour obtenir ce résultat, nous agissons pendant un temps convenable sur le balancier de la pendule, de façon à augmenter la durée de ses oscillations si l'on veut corriger une avance, à la diminuer au contraire si l'on veut corriger un retard. Dans ce but, le balancier porte, fixés au voisinage de son milieu et symétriquement par rapport à lui, deux petits aimants en fer à cheval, dits aimants *pendulaires*, dont les extrémités polaires sont un peu en dehors de lui; en regard, à une distance convenable et portés par la cage de la pendule, sont deux aimants en fer à cheval de même écartement que les aimants pendulaires et d'intensité convenable, ou deux électro-aimants de même espacement, de résistance convenable, commandés par le courant de la pendule et qui, par conséquent, deviennent actifs au moment où le balancier est voisin de son maximum de déviation. On peut, d'ailleurs, soit faire tourner ces aimants de 180° , soit changer le sens du courant dans les électro-aimants, de façon que l'action réciproque des aimants pendulaires et des aimants fixes soit à volonté une *attraction* ou une *répulsion*. Dans le premier cas, l'un quelconque des systèmes sera *retardateur*; dans le second cas, il sera *accélérateur*.

La graduation de ces systèmes est évidemment des plus simples : il suffit de déterminer par des expériences préliminaires l'effet diurne qu'ils produisent, et de les laisser agir pendant un temps proportionnel à l'état que l'on veut annuler. Supposons, par exemple, que l'effet diurne soit de trois minutes par jour; pour corriger un état d'une seconde, on fera agir le système correspondant pendant huit minutes.

Ces procédés sont, d'autre part, très précis, car l'effet diurne qui précède étant dans nos appareils un maximum, une *erreur de trente secondes* dans la durée du réglage ne laissera subsister, dans la pendule à régler, qu'un état inférieur à un demi-dixième de seconde (¹).

Ainsi l'on peut affirmer que la pendule maîtresse du poste central horaire fournit chaque jour, de 5^h30^m0^s jusqu'au moins à 6^h30^m0^s

(¹) Ces deux procédés ont quelque analogie avec celui que M. Airy a adopté pour la remise à l'heure de la pendule maîtresse du service horaire de l'observatoire de Greenwich. Chacun d'eux a, d'ailleurs, ses avantages particuliers; mais une expérience comparative longtemps prolongée nous permettra seule de choisir entre eux.

du soir, une heure dont la *différence avec l'heure de l'Observatoire* est *inférieure à un dixième de seconde*.

REMARQUE. — Dans les cas exceptionnels où, par suite d'un accident, l'état constaté est de beaucoup supérieur à une seconde, il conviendrait de mettre en service la seconde pendule et d'étudier la première.

III. — DISTRIBUTION DE L'HEURE.

L'heure, ainsi obtenue, doit être distribuée dans les différents points de la ville. C'est le second problème à résoudre, problème qui se décompose d'ailleurs en trois, distincts les uns des autres :

- 1^o Appareils distributeurs;
- 2^o Appareils récepteurs ou cadrans électriques;
- 3^o Appareils conducteurs.

Nous examinerons successivement chacun d'eux; mais, avant tout, il convient de rappeler qu'en raison même de l'étendue à desservir, et tant pour diminuer le nombre des éléments de pile nécessaires que les chances d'interruption complète du service par suite de rupture des fils, la ville a été partagée en quatre réseaux recevant l'heure à quinze secondes de distance, 0^s, 15^s, 30^s et 45^s (¹).

La différence des heures marquées au même instant en chacun des réseaux étant moindre qu'une minute, ces écarts n'ont aucun inconvénient dans la vie civile; et, pour MM. les horlogers, la connaissance du réseau sur lequel ils sont branchés leur suffit évidemment pour savoir quelle seconde leur est fournie.

C. — Appareils distributeurs.

Ces appareils ont pour fonction de prendre l'heure donnée par la pendule maîtresse et de la rendre publique.

Or, comme, suivant la demande de la Municipalité, le poste central horaire doit aussi gouverner un cadran, placé à la portée du public et battant la seconde, le premier appareil distributeur à décrire est précisément celui qui transmet à ce cadran les oscillations du balancier de la pendule maîtresse, d'autant plus que nous avons utilisé

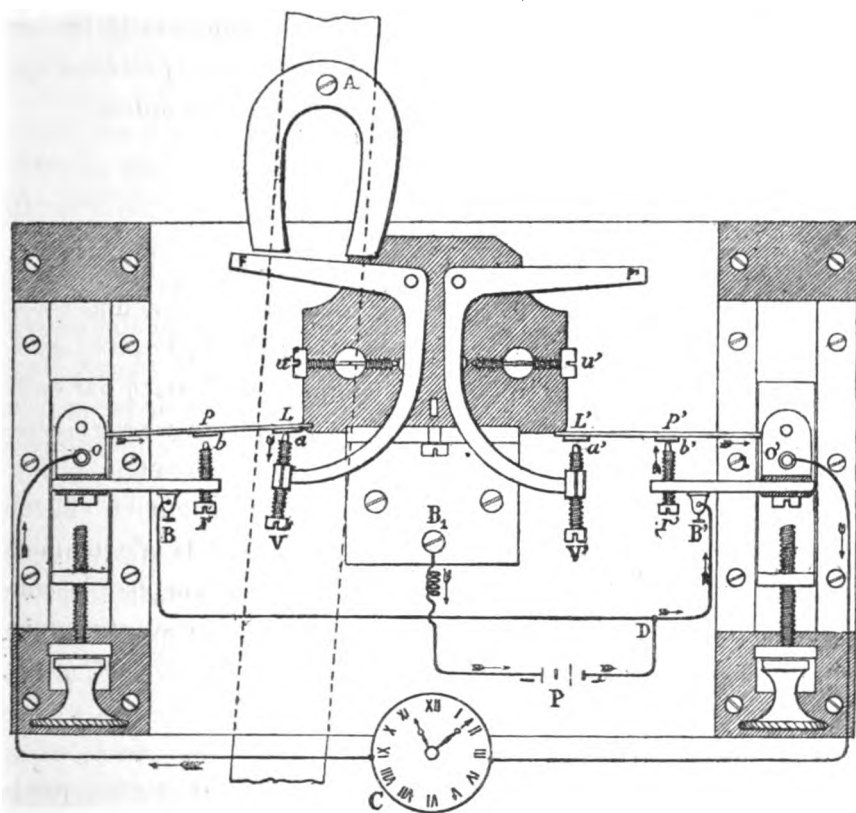
(¹) Trois seuls des réseaux ont actuellement des cadrans publics; le quatrième n'a encore que des cadrans privés.

le courant ainsi émis pour actionner l'appareil distributeur proprement dit.

(a) *Émission de courants alternés.* — L'appareil d'émission de courants adopté par nous et qui tient à la fois des systèmes Breguet et Carpentier est le suivant (') :

Au balancier de la pendule est un aimant en fer à cheval A, qui

Fig. 5.



oscille avec lui au-dessus de deux leviers coudés ou armatures en fer doux F et F', dont les courses sont réglées par les vis u et u' . Ces armatures, portées par un massif en ébonite, communiquent avec le pôle négatif B, de la pile P d'émission. Lorsque l'aimant A arrive vers l'extrémité gauche de son oscillation, il attire l'armature F et soulève, au moyen de la pointe à vis en platine αV , la lame très

(') Cet appareil a été construit par M. Sabaté, horloger à Lyon.

mobile L, qui reposait par une lamelle en platine p sur la pointe platinée de la vis rb . A ce moment le circuit de la pile est fermé, et le courant le parcourt suivant le chemin

$$PDB'b'p'o'Co pLaFB_1,$$

c'est-à-dire que le cadran C est traversé de la droite vers la gauche. Le balancier, continuant son oscillation, revient vers la droite, l'armature F retombe à sa position de repos, puis l'armature F' est soulevée et le circuit de la pile de nouveau fermé; mais, cette fois, le courant suit le chemin

$$PDBrbpoCo'p'L'a'F'B_1,$$

et traverse le cadran de la gauche vers la droite. A chaque oscillation le courant se trouve donc alterné dans le cadran; en outre, à l'aide du fil BDB', qui réunit les deux bornes B et B', l'étincelle d'extra-courant due à la rupture du contact est, si ce n'est complètement détruite, du moins assez affaiblie pour qu'elle ne soit pas nuisible; en effet, au moment où, par exemple, le circuit étant rompu en a' , la lame pc vient reposer sur la pointe b de la vis r , le courant d'induction passe presque tout entier dans le circuit fermé

$$LpbBDPB_1Fa.$$

Avec ce système de contacts électriques, on évite les frottements souvent et brusquement variables du système Breguet, la durée du courant émis est constante et le réglage se fait sans que l'on ait à toucher en rien au balancier. Il y a bien action attractive des armatures F et F' sur l'aimant A, et par suite sur le balancier, mais cette action change seulement avec le moment magnétique de A, c'est-à-dire avec la température: elle varie donc faiblement et d'une façon continue avec le temps, et les faibles variations qu'elle amène dans la marche de la pendule se corrigent par les procédés de réglage adoptés avec les autres variations inhérentes à la pendule elle-même.

(A suivre.)



CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. Inauguration d'un phare électrique à Chicago. — II. La peine de mort et l'électricité. — III. Sur l'écart des données thermochimiques et des forces électromotrices. — IV. Le commerce du caoutchouc en Birmanie. — V. Tramways électriques. — VI. Dynamo Ganz, à courants continus, type Delta. — VII. L'électricité dans la marine anglaise. — VIII. Prix de l'éclairage électrique aux États-Unis. — IX. Longue durée d'une lampe à incandescence.

I. On vient d'inaugurer à Chicago le premier phare électrique qui existe sur les grands lacs. Ce phare a 20^m de hauteur; l'appareil éclairant se compose de 24 à 32 lampes munies d'un réflecteur circulaire. Pendant les temps de brouillard, les hommes du poste mettent en mouvement une cloche de 300^{kg}, dont le battant pèse 12^{kg}. Cette cloche, qui sonne huit coups par minute, est mue par une came actionnée par un moteur électrique de $\frac{1}{4}$ de cheval de force. (*Électricité* du 29 décembre 1888.)

II. La peine de mort et l'électricité. — Des expériences intéressantes ont été faites dernièrement à Orange, dans l'atelier Edison, sous l'inspiration de la Société médico-légale de New-Jersey, en vue de l'application de l'électricité à la peine de mort.

Les opérateurs ont commencé par essayer de foudroyer des veaux. Ils ont commencé par appliquer le courant à un veau pesant 60^{kg} et offrant au passage du courant alternatif une résistance de 1100 ohms. La force électromotrice n'était que de 50 volts; le veau est tombé raide, offrant en apparence tous les symptômes de la mort; mais, au bout de quelques minutes, il s'est relevé comme si rien d'extraordinaire ne lui était arrivé. Il a fallu que la force électromotrice fût portée à 770 volts pour qu'on vint à bout de le tuer; mais ce courant a suffi pour tuer un autre veau pesant 72^{kg} et offrant une résistance de 1300 ohms. On est également parvenu à foudroyer aussi un cheval pesant 615^{kg} et dont la résistance était de 11 000 ohms. Il est donc évident que, si l'on applique à un homme un courant dont la tension soit comprise dans les limites assignées, il ne saurait ressusciter.

L'autopsie des animaux foudroyés n'a révélé aucun désordre intérieur. Les vaisseaux de l'encéphale étaient remplis de sang, mais il n'y avait eu aucune hémorragie, les poumons étaient dans un état normal.

Le courant destiné au foudroiement des veaux passe par deux électrodes : l'une placée sur le front, et l'autre sur la colonne vertébrale en arrière.

Pour foudroyer le cheval, on a simplement attaché les électrodes aux deux jambes de devant avec des chiffons humides. On a donné la mort en frappant un coup de marteau sur une plaque de cuivre faisant partie du circuit. Le manche du marteau était en ébonite. (*Électricité*, 12 janvier 1889.)

III. Sur l'écart des données thermochimiques et des forces électromotrices; par M. le professeur HERROUN. — On ne s'explique pas toujours d'une façon satisfaisante l'écart de la force électromotrice observée des piles voltaïques et de la valeur calculée : on en peut proposer plusieurs explications. Dans certaines piles, le phénomène chimique que l'on attendait ne se produit pas, certains métaux se couvrant d'une

couche d'oxyde ou de sous-sels; dans d'autres, la différence provient du gaz dissous ou de l'hydratation, ou de la solution de sels qui peut augmenter ou diminuer la force électromotrice; de même encore l'absorption ou le dégagement de chaleur sensible. C'est ce dernier point qui est surtout traité.

En pareil cas, la quantité de chaleur produite par le passage dans la pile d'un courant déterminé dépend du sens de ce courant, et la différence peut être observée au calorimètre. La quantité totale de chaleur dégagée dans le temps t secondes par un courant C est $\frac{C^2 r t \pm c C t}{J}$, r étant la résistance de la pile et c la différence de la force électromotrice observée et de la force calculée, le signe + ou le signe — dépendant du sens du courant. Dans le cas des piles au mercure, qu'on dit donner environ $\frac{1}{2}$ volt en trop, on a reconnu que la chaleur ne dépendait pas du sens du courant. On a étudié à nouveau les chaleurs de formation des sels de mercure, et l'on a trouvé que les nombres donnés par Julius Thomsen et habituellement acceptés sont fort exagérés. On se rend ainsi compte de la différence de la force électromotrice observée et de celle qu'on calcule par les nombres de Thomsen. On a aussi essayé au calorimètre une pile aux nitrates de cuivre et d'argent : l'effet calorifique réversible concordait assez exactement avec celui qu'on peut déduire de la constante thermovoltaïque ou de l'écart de EMF observé et calculé.

L'auteur décrit d'autres expériences sur des piles comprenant de l'étain, du plomb, du nickel, du fer et du cadmium, et tire les conclusions suivantes :

1° Pour déterminer la force électromotrice d'une pile, l'élément essentiel est la chaleur relative de formation des sels anhydres des métaux employés.

2° Cette force électromotrice peut donner lieu à des changements chimiques de sens et de nature tout autres que ceux que l'on pouvait prévoir d'après les chaleurs de formation des deux sels.

3° D'ordinaire, cette force électromotrice s'accroît par l'énergie due à l'hydratation ou à la solution des sels solides et peut avoir des valeurs en rapport avec la chaleur de formation des sels dissous.

L'absorption et le dégagement de chaleur sensible dépendent d'abord de l'affinité des sels pour l'eau, puis de la chaleur de dissolution.

L'auteur finit en concluant que la force électromotrice d'une pile donne une mesure de l'affinité chimique plus exacte que celle qu'on déduirait des observations calorimétriques.

(*Société de Physique de Londres*, séance du 26 janvier 1889.)

IV. Le commerce du caoutchouc en Birmanie. — D'après le journal *Industries*, le commerce du caoutchouc, sur la rivière Chinduin, prend un très grand développement : les produits exportés sont de très bonne qualité. Quoique cette industrie ne date que de 1887, elle s'est étendue au point qu'on a pu mettre un droit sur les matières brutes exportées, en même temps qu'on imposait une patente aux commerçants; l'extension date surtout de l'expiration d'un monopole concédé en 1887 à un syndicat chinois de Bhamo. Une Compagnie anglaise fait de bonnes affaires sur la rivière Chinduin, malgré la concurrence énergique des Chinois : les indigènes préfèrent traiter avec les Européens.

(*El. Rev.*, 8 février 1889.)

V. Tramways électriques. — La Compagnie de chemins de fer et de moteurs électriques Sprague, de New-York, vient de traiter pour l'établissement d'un tramway

électrique à Chattanooga. Il s'agit là d'une construction entièrement neuve. La ligne aura une étendue de 5 milles et aura à franchir des pentes assez raides; le système est le système aérien ordinaire de Sprague, avec un fil fin de bronze silicieux comme conducteur.

(*El. Rev.*, 8 février 1889.)

VI. Dynamo Ganz, à courants continus, type Delta. — Depuis 1887, MM. Ganz et C^e construisent une dynamo à courants continus, à deux pôles et à armature en tambour, qui diffère par certains détails importants d'autres machines dont l'aspect général est analogue.

Les électros sont formés de deux noyaux en fer forgé, autour desquels est coulé en place le bâti de la machine; on obtient par ce mode de liaison une résistance magnétique très faible, d'autant plus que la fibre du métal est dirigée suivant les lignes de force. L'armature en tambour, dont la première construction remonte à 1885, est formée de disques de tôle de 0^{mm},5, serrés les uns contre les autres, avec interposition de feuilles de papier mince. Le bord de ces disques forme des rainures plus profondes que larges, et les bobines, qui dans les types courants sont faites de fil, sont disposées dans ces rainures.

Suivant les types, l'entrefer a de 2^{mm} à 3^{mm},75 de largeur; sa résistance magnétique est donc très faible, et néanmoins l'échauffement est très minime, le déplacement des lignes de force, dû à la forme dentelée du noyau, et les courants de Foucault ne consommant qu'une quantité très faible d'énergie.

Le collecteur reçoit des dimensions exceptionnellement grandes, ce qui assure un bon contact et une longue durée.

La liaison des fils du tambour s'effectue au moyen de deux séries de vis, fixées dans des trous des touches du collecteur. Pour empêcher ces vis de prendre du jeu, on emploie l'artifice très simple consistant à percer leurs têtes d'un trou; dans les têtes des deux vis d'une même touche, on passe un bout de fil dont on recourbe ensuite les bouts.

Le nombre des balais varie de 1 à 3. On peut régler à volonté la pression de chacun d'eux sur le collecteur, au moyen d'une manette. On peut aussi déplacer d'ensemble tout le cadre qui porte les balais, au moyen d'une autre manette, terminée à l'intérieur par une vis de butée.

Pour les petits types, les paliers sont en bronze; pour les plus grands, en fonte, avec des coussinets de bronze; mais alors ils sont isolés du bâti par une feuille de zinc, de façon à éviter une dérivation inutile des lignes de force par le bâti, le palier et l'axe.

Après l'enroulement, les bouts de l'armature sont garnis d'une forte toile et les électros d'un tissu apprêté, de façon à exclure toute poussière métallique.

Les bornes, sur lesquelles sont aussi attachés les coupe-circuits fusibles, sont montées sur porcelaine et fixées sur un socle en bois, le long des joues des électro-aimants. Les bornes du courant d'excitation sont montées de même sur l'autre face des aimants.

Une forte plaque de zinc percée de trous s'étend d'une pièce polaire à l'autre et garantit l'armature contre la chute de corps étrangers.

Sauf le commutateur, toutes les parties polies sont nickelées.

Toute la machine est montée sur un cadre réglable, qui repose lui-même par un châssis de bois sur une fondation convenable.



Ces machines Δ , enroulées soit en dérivation, soit en compound, peuvent servir pour l'éclairage direct à 60 ou à 110 volts, ou à l'excitation des machines alternatives ou pour tout autre emploi.

Leur régulation, qui peut se faire à main ou par un appareil automatique, s'obtient toujours par l'introduction de résistances dans le circuit en dérivation.

(*El. Rev.*, 14 décembre 1888.)

VII. L'électricité dans la marine anglaise. — L'amirauté anglaise a décidé de pourvoir d'une installation électrique complète les navires suivants : *Nil, Heros, Agamemnon, Colossus, Conquérant, Shannon, Forth, Champion, Basilic, Beagle, Redbreast, Redpole, Magpie, Goldfinch, Laproing, Ringdove, Widgeon, Thrush, Kingfisher* et *Sparrow*. Un marché pour la fourniture du matériel nécessaire a été passé avec MM. Willans et Robinson, de Thames Ditton, au prix total de 11095 livres. Le *Nil* aura un triple jeu de machines ; le *Forth* et l'*Agamemnon*, chacun un double jeu ; les autres navires, un seul jeu. Les combinaisons employées sont : six groupes Willans-Siemens, douze groupes Willans-Mather et Platt, une Willans-Ellwell Parker, une Willans-Latimer Clark, Muirhead et C^o.

(*El. Rev.*, 14 décembre 1888.)

VIII. Prix de l'éclairage électrique aux États-Unis. — Nous empruntons aux rapports présentés à diverses municipalités les renseignements suivants sur le nombre de lampes électriques en service dans différentes villes, et sur le prix de cet éclairage :

Villes.	Nombre de lampes.	Prix de l'éclairage par nuit, en moyenne.
		fr
New-York.....	1435	1,72
Philadelphie.....	756	2,50
Brooklyn.....	1014	2,25
Boston.....	695	3,25
Nouvelle-Orléans.....	822	1,70
Baltimore.....	577	2,50
Buffalo.....	996	2,25

IX. Longue durée d'une lampe à incandescence. — La Compagnie des tapis Bigelow, de Clinton (Mass.), exploite, depuis 1885, une installation Brush de lampes à incandescence. Quelques-unes des lampes Swan qu'elle emploie ont eu une durée extraordinaire : dernièrement, une de ces lampes a été renvoyée à la Compagnie mère, à Cleveland ; depuis sa pose, le 25 janvier 1886, elle avait brûlé 7400 heures, faisant le service de la chambre des dynamos, et n'ayant été arrêtée que cinq ou six fois depuis sa mise en marche. Le reste du temps, elle était en circuit et éclairait tant que les dynamos étaient en mouvement. Elle n'était ni brûlée, ni noircie, et sert encore dans les bureaux de la Compagnie Brush, à Cleveland.

(*Electrician*, 4 janvier 1889.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

L'Assemblée générale annuelle et la *quarante-quatrième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens auront lieu consécutivement le **mercredi 3 Avril 1889**, à 8^h 30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

Les Membres qui ne pourraient assister à cette séance sont priés de faire parvenir avant le 2 avril, au siège social, leur bulletin de vote sous enveloppe fermée.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 6 Mars 1889.

PRÉSIDENCE DE M. P. LEMONNIER.

La séance est ouverte à 8^h 30^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 159), ainsi que des demandes d'admission suivantes, qui sont soumises à l'Assemblée :

MM.

André (Charles-Louis), Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Observatoire de Lyon, Observatoire de Lyon à Saint-Genis-Laval (Rhône). — Présenté par MM. E. Mascart et P. Lemonnier.

TOME VI, 1889. — N° 56.

MM.

Brait de la Mathe (Étienne-Gaston), Directeur de la fabrication des câbles électriques aux usines Rattier (*Société générale des Téléphones*), à Bezons (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. R.-V. Picou et H. Brachet.

Brait de la Mathe (Frédéric-Henri), Chef du Laboratoire des essais électriques aux usines Rattier (*Société générale des Téléphones*), à Bezons (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. R.-V. Picou et H. Brachet.

Bratt (Hugo), Commissaire aux Télégraphes de l'État, à Stockholm Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Cedergren (Henrik-Thore), Directeur de la Société générale des Téléphones, à Stockholm (Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Curman (Nils-Rudolf), Ingénieur en chef des Télégraphes de Suède, à Stockholm (Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Desarces (Paul), Ingénieur en chef de la fabrication, chargé de la Direction de l'usine de la *Compagnie continentale Edison*, 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine). — Présenté par MM. R.-V. Picou et H. Brachet.

Gramme (Zénobe), Ingénieur électricien, 84, rue de Crimée, à Paris. — Présenté par MM. P. Lemonnier et H. Fontaine.

Harlé (Émile), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la Direction de la *Maison Sautter, Lemonnier et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris. — Présenté par MM. P. Lemonnier et G. Sautter.

Larnaude (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la *Compagnie des Lampes à incandescence*, 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine). — Présenté par MM. R.-V. Picou et H. Brachet.

Lönnqvist (Erik), Ingénieur à l'Administration des Télégraphes de Suède, à Stockholm (Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Luth (Johan-Fredrik), Ingénieur civil, Électricien, à Stockholm (Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Mourling (Lars-August), Inspecteur des Télégraphes des chemins de fer suédois, à Stockholm (Suède). — Présenté par MM. C.-A. Nyström et P.-J.-H. Lutteman.

Parsons (l'Honorable Charles-Algernon), Associé de la *Maison Clarke, Chapman, Parsons et Co*, à Newcastle (Angleterre). — Présenté par MM. P. Lemonnier et G. Sautter.

Ritter (Gaston), Électricien attaché au Service technique de la *Maison Louis Ferry*, 10, rue Choron, à Paris. — Présenté par MM. L. Ferry et L.-G. Bénard.

Wallut (Raymond), Administrateur de la Société *L'Éclairage électrique*, 29, rue Cambon, à Paris. — Présenté par MM. E. Boistel et P. Lemonnier.

Weiss (Jules-Adolphe-Georges), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef des Travaux pratiques de Physique à la Faculté de Médecine, 73, boulevard Saint-Michel, à Paris. — Présenté par MM. C.-M. Gariel et J. Joubert.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

Conformément aux prescriptions du Règlement intérieur, M. le Président porte à la connaissance de la Réunion les noms, ci-après

reproduits, des candidats que le Comité d'administration désigne aux suffrages de l'Assemblée générale annuelle, en vue du renouvellement partiel des Membres du Bureau et du Comité d'administration de la Société (art. 5 et 10 des Statuts) :

PRÉSIDENT :

MM.

SÉBERT (Colonel H.), Directeur du Laboratoire central de la Marine, Inspecteur des fabrications de l'Artillerie (Ministère de la Marine), *Vice-Président de la Société.*

VICE-PRÉSIDENTS :

CORNU (M.-ALF.), Membre de l'Institut.

FONTAINE (HIPPOLYTE), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme.*

RAYMOND, Directeur de l'École professionnelle supérieure de Télégraphie.

SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :

PICOU (R.-V.), Ingénieur, *Membre du Comité.*

SECRÉTAIRES DE SECTION :

HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur.

VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes.

TRÉSORIER :

DUMOULIN-FROMENT (P.), Constructeur électricien, *Trésorier sortant.*

MEMBRES :

AYLMER (JOHN), Ingénieur civil, Secrétaire honoraire pour la France de la *Société des Ingénieurs électriciens et télégraphistes de Londres.*

BECQUEREL (EDMOND), Membre de l'Institut, *Vice-Président sortant.*

BOISTEL (ERNEST), Ingénieur, Directeur de la Société *l'Éclairage électrique.*

BOUILHET (C.-H.), Ingénieur manufacturier.

COMBEROUSSE (CH. DE), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École Centrale.

DELAUNAY-BELLEVILLE (L.), Ingénieur-constructeur, Membre de la Commission Centrale des Machines à vapeur.

DESROZIERS (E.), Ingénieur civil des Mines.

GODRON (P.), Ingénieur en chef de la Marine, Directeur des constructions navales.

LIÉBAUT (A.), Ingénieur, Président de la Chambre syndicale des Mécaniciens de Paris.

MM.

LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.

MONNIER (D.), Ingénieur.

RAU (Louis), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*.

SÉLIGMANN-LUI (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes.

THÉNARD (Baron), Chimiste électricien.

TROTIN (Émile), Ingénieur des Télégraphes.

VILLARD (Th.), Ingénieur, Président de la *Société centrale du travail professionnel*.

M. LE PRÉSIDENT. — « Messieurs, dans sa dernière séance, le Comité du Laboratoire a fixé le tarif actuel des essais et vérifications, lorsque ces travaux sont demandés par le public ou par l'industrie privée.

» Les travaux de ce genre qu'a exécutés le Laboratoire de la Société ont été assez nombreux, surtout dans ces derniers temps. Cela a permis à votre Comité de s'arrêter à des prix peu élevés, ainsi que vous allez en juger, sans qu'ils deviennent onéreux pour le Laboratoire. Vous remarquerez même que, dans certains cas particuliers, pour des travaux qui se répètent ou qui sont d'une assez grande importance, on a prévu des abonnements ou des réductions très notables, qui atteignent quelquefois la moitié du tarif ordinaire.

» Le Comité s'est efforcé de rendre encore plus accessibles aux industriels les services de cet établissement. »

TARIF DU LABORATOIRE.

A. Essais donnant lieu à un certificat.

- 5 fr. — 1. Conductibilité kilométrique d'un fil métallique.
- 2. Conductibilité d'un crayon de charbon pour lumière.
- 10 fr. — 3. Résistance d'isolement d'un diélectrique.
- 4. Constantes d'un fil métallique (diamètre, conductibilité, résistance mécanique, pliages).
- (a) 5. Étalonnement d'un ampèremètre industriel.
- 6. » d'un voltmètre industriel.
- 7. » d'un électrodynamomètre industriel.
- 8. » d'un galvanomètre quelconque.
- 9. Constantes d'un condensateur (capacité, isolement).
- 10. Étalonnement d'un élément de pile étalon (force électromotrice à une certaine température).
- 11. Intensité photométrique d'une lampe à incandescence (dans plusieurs azimuts).

- 10 fr. — 12. Intensité photométrique d'un bec de gaz ou d'une source lumineuse d'intensité comparable.
13. Étalonnement d'une résistance (à une certaine température).
- 20 fr. — 14. Essai d'un isolateur électrique (dans diverses conditions).
15. Intensité photométrique d'un arc (dans divers azimuts).
16. Essai d'un charbon pour lumière (conductibilité, durée, fixité de l'arc).
17. Essai d'un accumulateur formé (force électromotrice, capacité, courbe de décharge).
18. Essai d'une pile (variations de la force électromotrice et de la résistance après débit).
- 25 fr. — 19. Étalonnement d'un compteur d'électricité à courants continus.
20. Étalonnement d'une caisse de résistances (à une certaine température).
- (c) 21. Essai d'un câble (conductibilité, capacité, isolement après immersion de vingt-quatre heures dans un bain à 24° C.).
22. Essai d'une machine dynamo- ou magnéto-électrique de 1 cheval et au-dessous (force électromotrice, résistances des circuits caractéristiques).
- 50 fr. — 23. Étalonnement d'un ampèremètre ou d'un voltmètre de précision.
24. Étude d'un étalon de résistance (résistance et variation avec la température).
25. Étude d'un étalon de force électromotrice (force électromotrice et variation avec la température).
26. Essai d'une machine de 1 à 10 chevaux.
- 100 fr. — 27. Essai d'une machine de 10 à 15 chevaux.

Prix réduits.

(a) Étalonnements d'ampèremètres ou voltmètres industriels par série d'appareils identiques :

Par série de 5	25 ^{fr} la série
Par série de 10	45 ^{fr} »

(b) Étalonnements de compteurs par série d'appareils identiques :

Par série de 5	50 ^{fr} la série
Par série de 10	75 ^{fr} »

(c) Essais de câbles :

Par série de 4	50 ^{fr} la série
----------------------	---------------------------

B. Essais ne donnant pas lieu à un certificat, à faire sur les indications et en présence de l'intéressé.

	La journée de 4 à 8 heures.	La demi-journée de 1 à 4 heures.
Essai sans machine ni accumulateurs.....	15 ^{fr}	10 ^{fr}
Essai avec machine ou accumulateurs.....	25 ^{fr}	15 ^{fr}

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

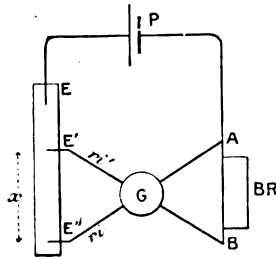
**DU CHOIX DE LA MÉTHODE A EMPLOYER DANS LA MESURE DE LA RÉSISTANCE
DES TISSUS ORGANISÉS.**

M. G. WEISS. — « Depuis quelque temps, plusieurs médecins électriciens ont signalé des variations de résistance du corps humain dans le cours de certaines maladies. Comme il est possible de tirer de ce fait un signe précoce d'une lésion à son début, il est important de rechercher quelle est la méthode de choix dans des mesures de ce genre.

» Il est évident qu'il faut rejeter tous les procédés où la polarisation des électrodes intervient. On pourrait songer à la méthode employée par M. Bouty, mais, en général, les médecins n'ont pas assez l'habitude de manier des instruments délicats pour pouvoir faire usage d'un électromètre. J'ai cherché si l'on ne pourrait pas éliminer la polarisation, tout en se servant d'un galvanomètre, et voici une solution de la question.

» Je me sers de trois électrodes, l'une E négative par exemple, les deux autres E' et E'' positives (*fig. 1*). Supposons pour un moment que les électrodes E' et E'' se polarisent de la même façon et que les

Fig. 1.



conducteurs E'B et E''A aient la même résistance ; il est facile de voir que, lorsque l'on aura $i = i'$, on aura aussi $x = BR$, x étant la résistance cherchée entre E' et E'', BR la résistance d'une boîte placée entre A et B. Au point de vue pratique, on réalise ces conditions de la façon suivante : la boussole de Wiedemann, modèle d'Arsonval, permet d'avoir deux circuits E'B et E''B parfaitement égaux, le galvanomètre étant rigoureusement différentiel. Quant aux électrodes E' et E'', je prenais deux feuilles de platine à peu près égales et je

modifiais leur surface à l'aide d'un vernis isolant, jusqu'à ce qu'elles fussent égales au point de vue de la polarisation; cela était d'ailleurs facile à vérifier, il suffisait de rompre le circuit de la pile : le galvanomètre devait rester au zéro.

» Comme troisième méthode, je signalerai le procédé de Kohlrausch, consistant à se servir du pont de Wheatstone en remplaçant la pile par une bobine d'induction et le galvanomètre par un téléphone.

» Il faut faire un choix; j'ai déjà dit qu'il fallait rejeter la première méthode. Les deux autres, une fois l'appareil monté, sont aussi simples l'une que l'autre; pourtant, je choisirais la première des deux pour éviter au sujet en expérience d'être soumis à un courant induit, faible il est vrai, mais désagréable à certaines personnes. Mais, s'il ne suffit pas d'éliminer la polarisation des électrodes et s'il se passe des actions chimiques dans l'intimité même des tissus, il ne reste que le procédé de Kohlrausch : c'est ce que je voulais vérifier.

» J'employai à cet effet la méthode indiquée par M. Chaperon pour mesurer la force électromotrice des accumulateurs. Je constituai un voltamètre à l'aide de deux cristallisoirs à moitié remplis d'eau salée à $\frac{1}{100}$ et mis en communication par un siphon; les électrodes étaient deux lames de platine. Je mesurai la force contre-électromotrice de ce voltamètre, puis je remplaçai le siphon par une grenouille à cheval sur les bords des cristallisoirs, et je fis la même opération. Je trouvai que dans le cas où les cristallisoirs étaient mis en communication par la grenouille la force électromotrice était toujours plus grande que dans l'autre cas, et la différence que j'observai pouvait atteindre $\frac{1}{5}$ de volt. Il résulte de là qu'il se passe des actions chimiques dans l'intimité même des tissus, et que la seule méthode applicable à la mesure des résistances de tissus est celle de Kohlrausch.

» En opérant par ce procédé, un médecin peut faire des mesures fort utiles; mais il faut avoir soin de faire bien laver les mains au savon, puis de les plonger dans deux cristallisoirs contenant de l'eau salée et servant d'électrodes. Il ne faudrait pas croire que des chiffres ainsi trouvés on puisse conclure l'intensité du courant qui traversera le corps d'un individu venant à toucher accidentellement les bornes d'une machine ou d'une lampe, car l'état de la peau a une influence

prépondérante. Cette influence et la différence provenant de la manière de saisir les électrodes sont bien mises en évidence par ce fait : en opérant sans précaution préalable sur des ouvriers et leur faisant prendre à la main les rhéophores, les résistances trouvées ont varié de 9000 ohms à 90 000 ohms. »

M. le Président remercie M. Weiss.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DE L'EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889.

M. HIPPOLYTE FONTAINE. — « Notre bien sympathique Président a pensé qu'une Communication sur l'éclairage de l'Exposition pouvait intéresser les membres de la Société internationale des Électriciens et il a fait appel à mon concours pour réaliser sa pensée.

» Malgré les multiples travaux que je suis chargé de mener à bonne fin, et qui m'absorbent beaucoup en ce moment, j'ai accepté sans la moindre hésitation, pour donner à la fois, à mon ami M. Lemonnier une preuve de ma sincère affection, et à la Société qui m'a si bien accueilli un témoignage de dévouement.

» Je regrette seulement de ne pouvoir vous présenter, dès maintenant, un Rapport complet sur la question ; l'éclairage étant encore dans la période de préparation, il m'est impossible de vous parler de ses résultats, mais vous ne perdrez rien pour attendre. Je vais vous dire aujourd'hui ce qu'on prépare, et je reviendrai l'année prochaine vous dire ce qui en sera résulté.

» Avant d'entrer avec vous dans le palais des machines et de parcourir les espaces du Champ-de-Mars qui seront éclairés à l'électricité, je vous demande la permission de vous entretenir de la partie administrative de l'entreprise et des considérations qui ont conduit le Gouvernement à ouvrir l'Exposition le soir.

» Toutes les expositions internationales qui se sont succédé depuis huit ans, à Londres, à Munich, à Vienne, à Manchester, à Anvers, à Barcelone, à Glasgow, etc., ont été ouvertes le soir ; la plupart n'ont même dû leur réussite financière qu'à cette seule circonstance. J'oubliais de citer l'Exposition d'Électricité de Paris, en 1881, qui inaugura les séances nocturnes et dont le succès dépassa toutes les espérances. L'éclairage réellement féerique de cette Exposition mon-

tra tout ce qu'on pouvait attendre de l'emploi de la lumière électrique. C'est bien le cas de dire que le coup d'essai de la nouvelle industrie fut un coup de maître.

» La Société internationale des Électriciens, constituée à quelque temps de là, doit précisément une partie de ses ressources aux recettes du soir de l'Exposition de 1881. Limitée aux recettes du jour, cette Exposition, bien que très remarquable, serait à peine arrivée à équilibrer son budget.

» A côté de cette considération d'ordre supérieur, qui veut que les expositions internationales soient toujours en progrès sur les précédentes et qu'elles n'abandonnent aucune des améliorations réalisées par leurs devancières, il en est d'autres qui méritent également de fixer l'attention.

» Un grand nombre d'employés, de contremaitres et d'ouvriers, étant occupés toute la journée, visitaient mal les expositions exclusivement diurnes. Il leur restait bien le dimanche, mais la foule était si compacte qu'il était réellement impossible à un spécialiste de voir tout ce qui concernait sa profession, même en renouvelant fréquemment ses visites hebdomadaires.

» L'éclairage artificiel avec ses procédés et ses sources multiples, avec son appareillage qui varie à l'infini, depuis l'éclairage obtenu par la modeste lampe à essence de pétrole jusqu'à celui qui jaillit abondamment de l'arc voltaïque, ne peut être examiné, comparé, jugé que la nuit. De sorte que les expositions ouvertes seulement le jour sont privées, ou peu s'en faut, d'une des branches les plus importantes de l'industrie et des arts économiques. Ces expositions ne méritent donc pas le nom d'*universelles*, dont on les pare souvent sans aucun motif.

» La durée éphémère des expositions, comparée aux énormes dépenses qu'elles occasionnent, aussi bien de la part des exposants que de l'État, est un sujet de tristesse pour tous les esprits sensés ; l'ouverture du soir augmentant notablement cette durée, et par suite le nombre des visiteurs, réduit dans une certaine mesure les regrets qu'on éprouve d'une destruction si rapide. Les fonds dépensés sont mieux utilisés sous tous les rapports.

» Quelques chiffres feront bien ressortir la valeur de ce dernier argument.

» L'Exposition de 1889 coûtera, tant à l'État, en y comprenant les dépenses des Ministères, qu'à la Ville de Paris, la somme ronde de 50 millions de francs; les exposants, au nombre de 50000, dépenseront, en moyenne, 3000^{fr} chacun, ce qui fait un total de 150 millions à ajouter aux 50 premiers millions. C'est donc 200 millions de francs qui seront engloutis par l'œuvre gigantesque en cours de préparation.

» La durée de l'Exposition étant de 180 jours, il y aura, à raison de 9 heures par jour, 1620 heures pendant lesquelles on pourra la visiter. Chaque heure coûtera ainsi 123 000^{fr}, en ne tenant pas compte des entrées du soir; mais, en ajoutant 5 heures par soirée, on arrive à un supplément de 900 heures et à un prix par heure de 79 000^{fr}. Chaque heure coûtera donc, grâce à l'ouverture du soir, 44 000^{fr} de moins. Je sais bien que 79 000^{fr} par heure sont encore une dépense énorme, mais le bénéfice réalisé est assez important pour mériter d'entrer en ligne de compte.

» Je m'arrête : les raisons qui précèdent suffisent pour montrer qu'il était impossible de concevoir l'Exposition du Centenaire fermée le soir. Aussi personne n'y a-t-il songé, si ce n'est toutefois la Commission chargée de répartir les ressources mises à la disposition des Directeurs généraux.

» On décida donc que l'Exposition serait ouverte le soir, mais on décida en même temps qu'aucune dépense ne serait faite par l'Administration pour l'éclairage public.

» Comprendra qui voudra cette manière d'opérer; personnellement, je me refuse à la trouver équitable et je voudrais bien ne plus la voir se renouveler. On paye les terrassements, les clôtures, les maçonneries, les charpentes, les couvertures, les planchers, les transmissions, l'eau, le gaz, la vapeur, tout, excepté l'électricité. Cela est tout à fait injuste, et j'ai bien envie de profiter de l'occasion pour protester contre le sans- façon avec lequel on traite les électriciens; on a été jusqu'à dire qu'ils seraient trop heureux de montrer leur mode d'éclairage en public, afin d'en faire connaître les avantages, exactement comme si l'éclairage électrique en était encore à ses débuts. On sait cependant qu'il y a aujourd'hui 1 million de chevaux-vapeur utilisés à produire de la lumière électrique, ce qui correspond à une intensité totale d'environ 200 millions de bougies

normales. Ces 200 millions de bougies, espacées de 0^m,20, feraient le tour de la Terre. Si cela ne suffit pas à démontrer que l'éclairage électrique est tout à fait pratique, c'est à désespérer les plus intrépides innovateurs.

» Cela dit, je me hâte de reconnaître que les électriciens n'ont eu qu'à se louer de leurs rapports avec MM. Berger et Alphan, et qu'ils ont toujours rencontré auprès d'eux beaucoup de bienveillance et des encouragements réconfortants. Le Directeur général des Finances, M. Grison, a également fait un excellent accueil à ceux d'entre nous avec lesquels il a conféré au sujet de l'éclairage public de l'Exposition.

NÉGOCIATIONS.

» J'arrive aux négociations qui ont amené la constitution d'un syndicat international et aux conventions intervenues entre le Ministre du Commerce et de l'Industrie et ce syndicat.

» La chose vaut la peine d'être racontée, ne fût-ce que pour faciliter à nos successeurs la mission qui leur incombera d'éclairer les futures expositions universelles, si toutefois celle de 1889 n'est pas la dernière.

» Dès que M. Georges Berger, notre éminent président honoraire, eut été nommé Directeur général de l'Exploitation, il se souvint de l'éclatant succès de l'Exposition d'Électricité de 1881, dont il était Commissaire général; et l'un des premiers actes de son administration fut d'inviter la Chambre syndicale des industries électriques à lui soumettre un projet d'éclairage pour l'Exposition du Centenaire. La Chambre syndicale chargea son président en fonctions et son président honoraire d'étudier la question et de traiter, s'il y avait lieu, avec l'État, au mieux des intérêts de la corporation. Les deux délégués étaient précisément M. Lemonnier et moi.

» Nous nous adjoignîmes les représentants des trois grandes maisons parisiennes de notre spécialité, et nous entrâmes en pourparlers suivis avec MM. Berger et Alphan.

» Les premières conférences firent bientôt reconnaître aux négociateurs :

» 1^o Que, vu le budget de l'Exposition, l'organisation de la Commission du contrôle des finances, l'importance des fonds nécessités

pour l'exécution des projets approuvés par le Ministre, il était impossible aux Directeurs généraux de prendre à la charge de leur service tout ou partie des frais occasionnés pour l'installation des appareils servant à produire l'éclairage électrique ;

» 2° Que le caractère international de l'Exposition et le désir de voir beaucoup d'industriels étrangers y figurer ne permettaient pas au Gouvernement de confier uniquement à des maisons françaises le soin d'éclairer le Champ-de-Mars ;

» 3° Qu'il était impossible d'entreprendre pour une durée de quelques mois, avec l'espoir d'une rémunération équitable, l'éclairage électrique de tous les espaces couverts et découverts de l'Exposition ;

» 4° Que le Ministre du Commerce et de l'Industrie serait disposé à confier l'éclairage du palais des machines, des jardins du Champ-de-Mars, des annexes de l'Agriculture et de divers autres emplacements d'importance secondaire à un syndicat ouvert aux électriciens du monde entier et administré par les représentants de quelques Sociétés françaises. (Le Trocadéro, d'abord compris dans la nomenclature des espaces à éclairer électriquement, en avait été exclu après une discussion approfondie). Le Trocadéro sera ouvert le soir aux visiteurs, mais il sera éclairé au gaz ;

» 5° Que, pour indemniser ce syndicat, l'État lui donnerait la moitié des recettes du soir et une partie du prix des cartes d'abonnement.

» Sur ces bases, formulées et développées dans un Rapport de M. Georges Berger, en date du 3 mars 1887, un projet fut présenté à la Commission du contrôle des finances, laquelle, après de longues délibérations, approuva le principe de l'éclairage électrique et son application aux emplacements désignés, mais refusa de sanctionner le mode de paiement accepté par les électriciens. La Société dite *du fonds de garantie*, largement représentée dans la Commission du contrôle des finances, prétendit que toutes les recettes à provenir de l'Exposition devaient être attribuées au Trésor public et qu'il était contraire aux termes de son contrat avec l'État que le Ministre en fit l'abandon partiel à un entrepreneur ou à un groupe d'exposants. On critiqua aussi les conventions projetées, sous prétexte qu'elles créaient un véritable monopole en faveur de quelques industriels.

» Le Ministre du Commerce et de l'Industrie, partisan du projet élaboré par les directeurs généraux et les délégués de la Chambre syndicale des industries électriques, en appela au Conseil d'État. Le Conseil d'État donna gain de cause au Ministre, mais il décida que, pour rendre valable la convention à intervenir entre l'État et les électriciens, il fallait en modifier profondément la forme primitive.

» Le Ministre devait accorder l'autorisation à un groupe d'électriciens de faire une exposition collective dans le palais des machines et les jardins du Champ-de-Mars, permettre à ce groupe d'électriciens de recevoir un prix d'entrée aux visiteurs du soir, à la condition de verser à l'État la moitié des recettes. Ainsi, au lieu de recevoir de l'État une partie des recettes du soir, les électriciens ouvriraient l'Exposition le soir, percevraient un prix d'entrée et payeraient à l'État une certaine redevance sur leurs recettes. On ne demande plus aux électriciens d'entreprendre l'éclairage public des parties du Champ-de-Mars devant ouvrir le soir : on leur prête l'Exposition elle-même pour servir de cadre à leurs divers systèmes d'éclairage, en leur demandant seulement, à titre d'indemnité, une partie de leur recette, comme cela a d'ailleurs lieu pour un grand nombre de concessionnaires qui s'installent dans les jardins du Champ-de-Mars.

» Qu'on ne s'y trompe pas, en agissant ainsi, le Conseil d'État ne se contentait pas de donner raison au Ministre contre la Commission, il donnait aux électriciens la véritable place à laquelle ils avaient droit. Puisqu'on ne pouvait les payer, il fallait tout au moins les traiter avec les mêmes égards que les autres permissionnaires.

» Le projet définitif fut alors remanié et discuté article par article par les directeurs généraux et nous, puis par une Sous-Commission du contrôle, puis enfin par la Commission elle-même, qui l'approuva dans toutes ses parties.

» Le Ministre, sous diverses conditions que je résumerai plus loin, accorda alors aux électriciens l'autorisation d'éclairer le palais des machines, les jardins du Champ-de-Mars et divers emplacements situés à proximité.

» La convention, à laquelle étaient annexés un cahier des charges dressé par la Commission technique de l'Électricité, dont M. Mascart est président, et les statuts du syndicat international, fut signée le 15 février 1888.

STATUTS ET TRAITÉ.

» *Constitution du syndicat.* — Voici les principales clauses du traité avec l'État et les bases sur lesquelles repose l'organisation du syndicat.

» Je commence par les statuts.

» Le syndicat international des électriciens est une Société en participation fondée par les maisons Gramme, Edison, Sautter-Lemonnier et l'Éclairage électrique. Cette Société a pour unique objet l'éclairage public et privé de l'Exposition de 1889.

» Son capital social est de 300000^{fr}; il est représenté par 300 parts de 1000^{fr} chacune.

» L'admission des adhérents est réglée par l'article 3, ainsi conçu :

» Seront admis à la même participation et aux mêmes conditions que celles qui existent ou existeront pour les soussignés tous les exposants d'éclairage électrique, sans distinction de nationalité, qui voudront concourir à l'entreprise dont s'agit et adhéreront aux présents statuts.

» Vous voyez qu'il n'y a là aucune restriction, aucune exception, que tous les électriciens du monde entier pouvaient faire partie du syndicat avec des avantages égaux à ceux des fondateurs et qu'on avait tort de parler de monopole lorsque le Ministre présentait notre projet à la Commission de contrôle.

» Chaque souscripteur s'engageait à verser 1000^{fr}, puis à installer, à entretenir et à faire fonctionner à ses frais, pendant la durée de l'Exposition, tout le matériel électrique nécessaire à l'utilisation d'une puissance motrice de 10 chevaux; et cela pour chacune des parts qui lui serait attribuée. La force motrice devait être fournie par le Conseil d'administration et produite par divers entrepreneurs aux frais du syndicat.

» Le Conseil d'administration, conformément au désir exprimé

par le Ministre, est statutaire. Il se compose de M. Hippolyte Fontaine, président, et de MM. Lemonnier, Rau et Fabry, membres.

» L'article 11 des statuts, dont voici un extrait, définit nettement le rôle du Conseil et, permettez-moi d'ajouter, montre son absolu désintéressement :

» Le Conseil d'administration ne reçoit ni jetons de présence, ni aucune rémunération pour l'accomplissement de ses fonctions. Il agit au nom de tous les industriels qui s'occupent d'éclairage électrique, dans le but patriotique de concourir au succès de l'Exposition universelle de 1889.

» Son principal rôle est d'organiser l'éclairage électrique sur des bases sérieuses, de maintenir le bon accord entre les participants et de suppléer aux défections qui pourront se présenter parmi les souscripteurs au dernier moment.

» Il prend vis-à-vis de M. le Ministre du Commerce et de l'Industrie la responsabilité de l'œuvre à laquelle il convie l'ensemble des électriciens spécialistes de toutes les contrées qui seront représentées à l'Exposition.

» Les bénéfices ou les pertes de l'entreprise doivent naturellement être partagés entre tous les sociétaires, au prorata des parts souscrites.

» Rien de plus simple, comme vous le voyez : un syndicat largement ouvert, un Conseil administrant gratuitement, une répartition proportionnelle aux mises et aux dépenses effectuées pour l'éclairage.

» Le contrat avec l'État est encore plus facile à résumer :

» Le Ministre du Commerce et de l'Industrie autorise MM. Hippolyte Fontaine, Lemonnier, Rau et Fabry à installer une grande exposition collective d'éclairage électrique et à percevoir, sur chaque entrée du soir, 2^{fr} la semaine et 1^{fr} le dimanche.

» De leur côté, MM. Hippolyte Fontaine, Lemonnier, Rau et Fabry, s'engagent :

» 1^o A former un syndicat international et à y admettre tous les électriciens qui adhéreront aux statuts ;

» 2^o A faire à leurs frais, risques et périls, toutes les dépenses de construction, de pose et de fonctionnement nécessitées par l'éclairage électrique du palais des machines, des cours adjacentes, de la galerie principale de 30^m, des galeries Rapp et Desaix, des jar-

dins du Champ-de-Mars, des fontaines centrales, des terrasses des palais des Beaux-Arts et des Arts libéraux, du bâtiment de l'Administration et de l'avenue intérieure allant du pont d'Iéna au pont de l'Alma;

» 3° A abandonner à l'État la moitié de ses recettes brutes jusqu'à concurrence d'une recette totale de 3600000^{fr}. Au delà de cette somme, la partie des recettes à remettre à l'État devant être des $\frac{7}{10}$, $\frac{8}{10}$, et finalement des $\frac{9}{10}$ des recettes brutes dès qu'elles atteindraient 4600000^{fr}.

» Les souscriptions au Syndicat devaient être reçues jusqu'au 1^{er} septembre 1888.

» Le Ministre avait fixé cette date éloignée pour permettre à tous les industriels qui en auraient le désir de participer à l'éclairage de l'Exposition.

» Dès que le contrat fut enregistré, nous fîmes toutes les démarches possibles et toute la publicité désirable pour recruter des adhérents parmi les entrepreneurs d'éclairage électrique de tous pays. Nous envoyâmes des délégués en Belgique, en Angleterre et aux États-Unis, en même temps qu'un de nos chefs de service visitait, à plusieurs reprises, les maisons françaises. 26 électriciens répondirent à notre appel : 16 Français, 5 Belges, 2 Anglais, 2 Suisses et 1 Alsacien.

» Sur 300 parts, 285 furent souscrites; les 15 autres restèrent à la disposition du Conseil d'administration, pour satisfaire à des adhésions tardives ou à des demandes d'augmentation par les premiers souscripteurs.

» Le 22 septembre 1888, une Assemblée générale réunit les adhérents, et le syndicat, définitivement constitué, procéda immédiatement à la répartition des espaces à éclairer et à l'examen des mesures générales à prendre pour coordonner les efforts des adhérents et assurer le succès de l'éclairage de l'Exposition.

» L'article 1^{er} de ce Règlement suffira à en indiquer les tendances libérales :

» ART. 1^{er}. — L'exposition collective que le syndicat est autorisé à installer dans les palais et jardins de l'Exposition universelle de 1889 doit être très soignée et surtout très homogène dans ses diverses parties. Elle

doit mettre bien en relief les multiples qualités de la lumière électrique et faire honneur à l'industrie que nous représentons.

» En conséquence, tous les adhérents devront éclairer les espaces qui leur sont attribués, en suivant rigoureusement les indications du plan et du tableau de répartition, ainsi que les instructions remises à chacun d'eux par l'Ingénieur en chef du syndicat.

» La nature et la forme des brûleurs, leur installation, leur manipulation, leur alimentation et leur entretien devront être combinés en vue du meilleur résultat d'ensemble à obtenir, sans préoccupation d'intérêt personnel.

» M. de Bovet, ancien élève de l'École Polytechnique et de l'École des Mines, fut nommé Directeur du syndicat.

» M. Picou, dont la grande compétence en pareille matière vous est bien connue, fut nommé Ingénieur en chef, et MM. Napoli, Dumont, Révérend et Lafon, Inspecteurs des travaux.

» Tous pouvoirs furent donnés au Président pour représenter le syndicat auprès de l'Administration supérieure, des adhérents et des tiers.

» J'en ai fini avec l'organisation de l'entreprise et j'arrive à l'objet principal de cette Communication, c'est-à-dire à l'énumération des dispositions prises pour éclairer l'Exposition.

ESPACES COUVERTS.

» Nous pénétrerons d'abord dans le palais des machines, vaste construction en fer dont les proportions harmonieuses et hardies excitent l'admiration générale.

» L'éclairage de ce palais constitue la plus belle partie de notre programme; le projet en a été confié au Président du syndicat, et un soin tout particulier a été apporté dans le choix et la répartition des foyers qui doivent y figurer.

» Le palais proprement dit se compose : 1^o d'une nef ayant 383^m de longueur, 114^m de largeur, 45^m de hauteur à l'axe longitudinal et 43 662^{m²} de surface; 2^o d'une galerie au rez-de-chaussée de 18^m de largeur, régnant sur tout le pourtour (encadrant la nef pour ainsi dire) et présentant une surface totale de plancher de 16 675^{m²} sur 8^m de hauteur de plafond; 3^o d'une galerie au premier étage couvrant entièrement la précédente et ayant, par suite, la même surface de 16 675^{m²}.

» La surface totale des planchers du palais des machines est donc très approximativement de 77 000^{m²}, près de 8^{ha}. Le volume de ce gigantesque vaisseau atteint 2 millions de mètres cubes, ce qui correspond à une hauteur moyenne de 30^m.

» L'éclairage de la nef sera obtenu au moyen de deux séries d'appareils, indépendantes l'une de l'autre et fonctionnant tantôt isolément, tantôt simultanément.

» La première série est formée de 4 lustres contenant chacun 12 régulateurs de 60 ampères brûlant à feu nu. Ces lustres sont placés d'une manière à peu près équidistante, dans l'axe longitudinal du palais, à 40^m d'élévation. Ils seront manœuvrés à l'aide de treuils fixés sur les fermes de la charpente, à la hauteur du premier étage.

» Les crayons, fabriqués tout spécialement par M. Lacombe, auront 0^m, 025 de diamètre.

» Les régulateurs seront disposés en couronne et maintenus sur un cercle en fer de 3^m de diamètre, de sorte que les arcs seront espacés de 0^m, 80 environ.

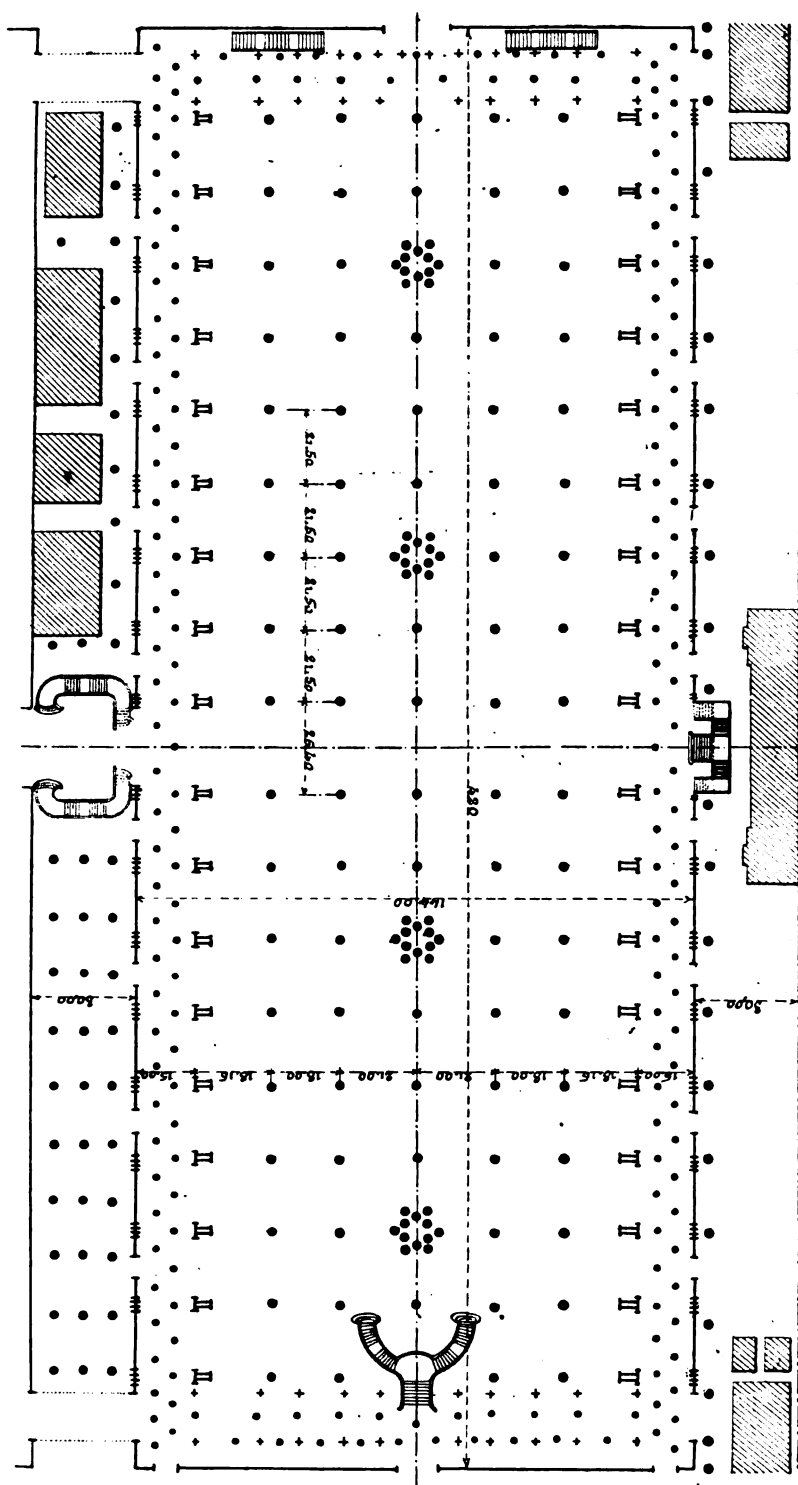
» Ces 4 lustres, qui suffiraient à eux seuls à assurer un éclairage convenable de toutes les parties de la nef, seront installés, alimentés et entretenus par la Société Gramme. Les régulateurs sont disposés par séries de trois; leur réseau sera donc composé de 16 circuits de 60 ampères sous 200 volts de différence de potentiel.

» La seconde série se composera de 86 régulateurs de 25 ampères, placés à 15^m du sol, sur 5 rangs longitudinaux et 18 rangs transversaux. Il y aura un régulateur par environ 400^{m²} de surface de plancher.

» Ces 86 régulateurs seront munis de globes clairs de 0^m, 45 de diamètre. Leur manœuvre sera assurée soit par des suspensions à contrepoids, soit par des treuils placés, comme ceux des lustres, sur les fermes du palais, à la hauteur du premier étage. Les crayons, de diverses fabrications, auront un diamètre uniforme de 14^{mm}.

» Le service du remplacement des crayons se fera naturellement au rez-de-chaussée; les points de suspension des 86 régulateurs ont été choisis de telle sorte que l'appareil descende soit dans un des chemins de la nef entre deux rangées d'exposants.

Avenue de Labourdonnais.



Côté de l'École Militaire.

PLAN DU PALAIS DES MACHINES.

» Les régulateurs de 25 ampères ont été répartis entre huit adhérents du Syndicat, savoir :

MM. Crompton et C ^{ie} (Angleterre).....	24
Maison Ducommun (Alsace).....	20
MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie} (France).....	12
M. Jaspar (Belgique).....	11
Société belge pour le transport des forces à longue distance....	6
M. Borssat (France).....	5
Société française de matériel agricole.....	4
M. Henrion, de Nancy.....	4

» Les bas-côtés du rez-de-chaussée et les galeries du premier étage seront éclairés au moyen de 276 régulateurs de 8 ampères, placés à 5^m du plancher, soit sur des poteaux, soit attachés par des câbles au plafond.

» L'installation et l'entretien de ces 276 régulateurs ont été confiés aux électriciens dont les noms suivent :

MM. Crompton et C ^{ie}	79
Maison Ducommun.....	76
MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	30
MM. Alioth et C ^{ie}	30
Ateliers d'Oerlikon.....	25
Société française de matériel agricole.....	8
Société belge pour le transport des forces à longue distance....	8
M. Henrion.....	8
M. Jaspar.....	7
MM. Popp et C ^{ie}	5

» L'escalier situé dans l'axe transversal du palais, du côté de l'École Militaire, sera éclairé par la Société Woodhouse et Rawson, au moyen de 200 lampes à incandescence de 8 bougies. Les bureaux agencés sous cet escalier recevront 10 lampes à incandescence de 250 bougies chacune, par les soins de M. Garnot.

» L'escalier placé dans l'axe longitudinal, du côté de l'avenue de Suffren, sera décoré, au moyen de 360 lampes à incandescence de 8 bougies, par la maison Jarriant.

» L'escalier opposé, situé par conséquent près de l'avenue de Labourdonnais, sera éclairé par 160 lampes à incandescence de 8 bougies qu'installeront MM. Crompton et C^{ie}.

» Je reviendrai tout à l'heure sur la distribution des intensités

lumineuses dans le palais des machines. Ce que j'ai à vous dire sur ce sujet retarderait notre promenade et enlèverait un peu de clarté à mon exposé.

» L'annexe de la classe des chemins de fer occupe un grand rectangle de 187^m,50 de longueur sur 30^m,50 de largeur et 5718^{m²} de surface; l'éclairage, qui est confié à M. Borssat, comprendra 5 régulateurs de 25 ampères et 30 régulateurs de 8 ampères. L'annexe étant adossée directement au palais des machines, sans interposition de cloisons, profitera d'ailleurs, dans une certaine mesure, de l'éclairage général de la grande nef et des bas-côtés du palais.

» Le vestibule placé en face de l'escalier central, sur le petit axe du palais, recevra 10 régulateurs de 8 ampères et 320 lampes à incandescence de 10 bougies, dont l'installation sera faite par la Société des forges et chantiers de la Méditerranée.

» L'éclairage de la galerie de 30^m reliant le vestibule au grand dôme a été confié à la Société Cance, qui le réalisera au moyen de 48 régulateurs, à points lumineux fixes, de 8 ampères.

» Le magnifique dôme, dessiné par M. Bouvard, sera doté d'un éclairage très luxueux et très abondant. En haut, à la naissance intérieure du dôme, la Société Gramme placera une couronne de 48 lampes à incandescence de 500 bougies; au premier étage, dans les pavillons adossés, le syndicat des brevets Clerc installera 16 lampes Soleil; sous les voussures d'angle, la Société pour la transmission des forces par l'électricité alimentera 14 lustres de 20 lampes à incandescence chacun.

» Cette même Société mettra sur la façade 16 régulateurs de 8 ampères et 3 régulateurs de 16 ampères; et dans les pavillons de raccordement, 8 régulateurs de 8 ampères. Enfin, les escaliers seront éclairés par 8 lampes à incandescence de 500 bougies, et la galerie du premier étage par 10 des mêmes lampes installées par la Société Gramme.

» La galerie Rapp, qui sépare les galeries des industries diverses du palais des Beaux-Arts, sera éclairée au moyen de 3 lustres formés chacun de 6 régulateurs de 8 ampères, placés au milieu, et de 26 régulateurs de même intensité fixés le long des parois longitudinales. C'est la Société Edison qui est chargée de cette installation.

» La galerie Desaix, qui sépare les galeries des industries diverses

du palais des Arts libéraux, recevra un éclairage identique au précédent par les soins de la Société pour la transmission des forces par l'électricité.

» Le bâtiment de l'Administration servant à la Direction générale de l'exploitation, le pavillon de la Presse et les bureaux du Bulletin officiel de l'Exposition seront éclairés par la Société Edison, au moyen de 400 lampes à incandescence de 8 bougies.

ESPACES DÉCOUVERTS.

» Les espaces découverts qui seront éclairés à l'électricité peuvent être divisés en quatre sections : les cours et avenues intérieures, le jardin supérieur, le jardin central, le jardin inférieur, les ponts et galeries avoisinant la Seine.

» 1° *Cours et avenues intérieures.* — La cour de la force motrice, où sont disséminés les générateurs à vapeur du service mécanique et diverses installations particulières, sera éclairée par 18 régulateurs de 8 ampères, installés par la maison Ducommun.

» Les cours Suffren et Labourdonnais, de chaque côté du palais, seront éclairées par 16 régulateurs de 8 ampères, par les soins de la même maison.

» L'avenue intérieure de Labourdonnais, près du palais des Beaux-Arts, recevra 7 régulateurs de 8 ampères.

» L'entrée Rapp sera resplendissante : elle possédera 22 régulateurs de 8 ampères. Ces deux dernières installations seront réalisées par la Société Edison.

» 2° *Jardin supérieur.* — L'éclairage du jardin supérieur a été confié à la Société pour la transmission des forces par l'électricité et à la Société pour le travail électrique des métaux. La première installera 24 régulateurs de 8 ampères autour du pavillon de la Ville de Paris et 48 régulateurs, de même intensité, sous les galeries des restaurants. La seconde installera 850 lampes à incandescence de 4 bougies autour des pelouses et 100 lampes à incandescence de 8 bougies pour les kiosques des orchestres.

» 3° *Jardin central.* — L'éclairage du jardin central sera réalisé par la Société Edison, la Compagnie électrique et la Société l'Éclairage électrique. Ces deux dernières n'ont chacune qu'une faible partie de cet emplacement à illuminer. On peut considérer le jardin

central comme étant le domaine de la Société Edison. La Compagnie électrique éclairera la façade du palais des Arts libéraux au moyen de 34 régulateurs Gramme de 8 ampères placés sur deux circuits de 17 arcs chacun.

» La Société l'Éclairage électrique installera 34 régulateurs de 8 ampères contre la façade intérieure (côté du jardin) du palais des Beaux-Arts; 22 régulateurs de 8 ampères dans les massifs et 28 bougies Jablochkoff à l'entrée des escaliers.

» La Société Edison placera 33 régulateurs de 8 ampères contre la façade extérieure (côté de l'avenue de Labourdonnais); 1000 lampes à incandescence sous les vélums du jardin; 100 lampes de 8 bougies sous les kiosques à orchestre; 1000 lampes de 4 bougies sur les massifs de magnolias et 3000 lampes à incandescence le long des pelouses entourant les bassins et les fontaines lumineuses. Cette partie du projet est entièrement due à M. Alphand, qui désire voir ses jardins parés d'une riche décoration lumineuse. La Société Edison est bien choisie pour donner toute satisfaction au grand ingénieur de Paris.

» 4° *Jardin inférieur*. — Le jardin inférieur sera exclusivement éclairé par la Société l'Éclairage électrique, qui se propose d'exposer des bougies Jablochkoff et plusieurs systèmes nouveaux de régulateurs à arc. Elle installera 60 foyers de 8 ampères dans les allées et 4 régulateurs de 25 ampères pour illuminer les eaux de la fontaine placée sous la tour Eiffel.

» 5° *Abords de la Seine*. — C'est encore la Société l'Éclairage électrique qui est chargée de cette section.

» Elle installera :

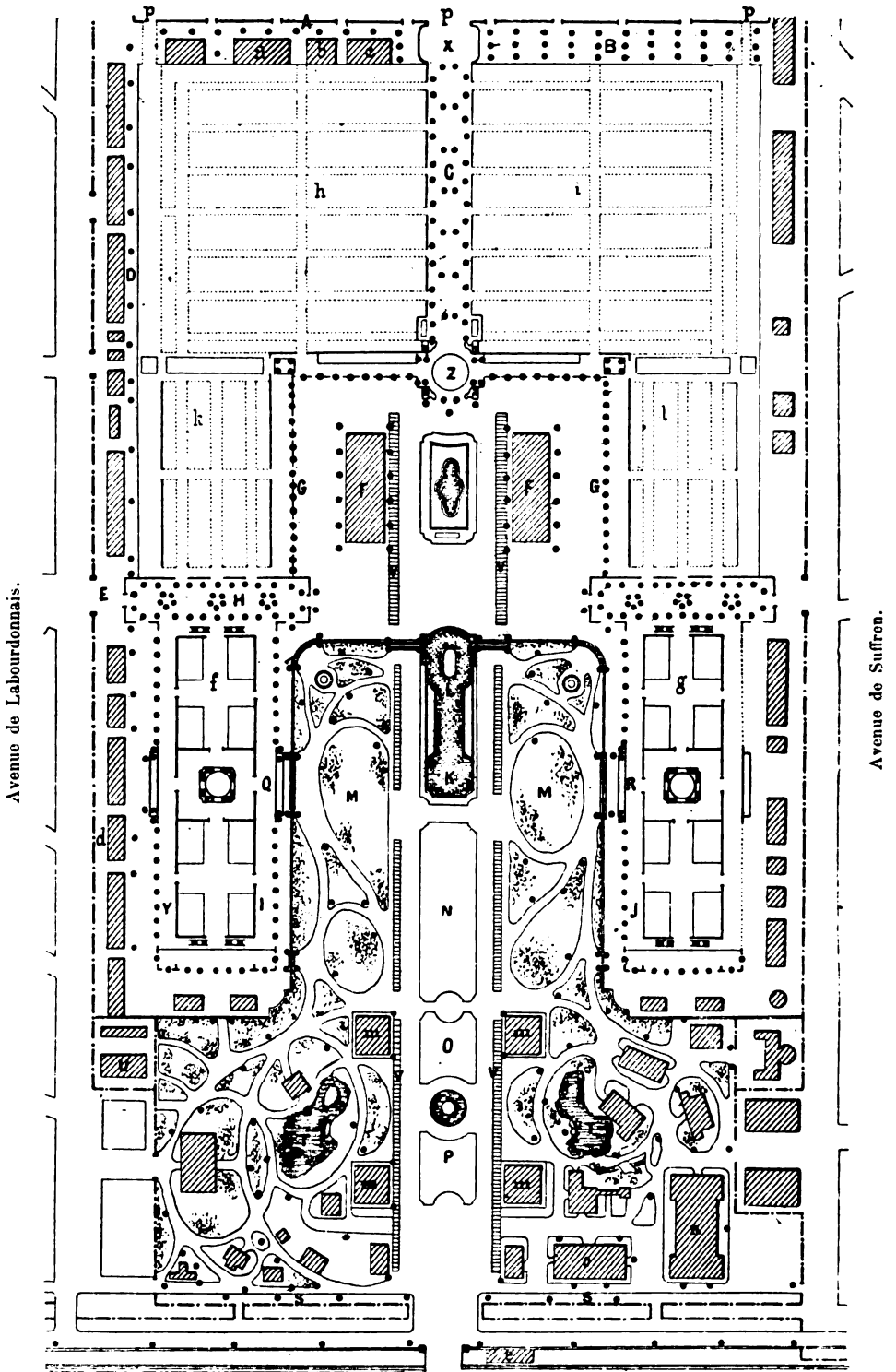
25	foyers de 8 ampères dans les annexes de l'Agriculture.
10	» sur le pont d'Iéna.
16	» sur la passerelle du pont de l'Alma.
31	» le long de la tranchée du chemin de fer.
3	» sur le port devant la station.

FORCE MOTRICE.

» Maintenant que vous connaissez, par le menu, la nature et l'importance des foyers électriques que le syndicat prépare, je vais vous dire comment ces foyers seront alimentés.

» *Stations centrales*. — On construit au Champ-de-Mars six stations

Côté où se trouve le Palais des Machines.

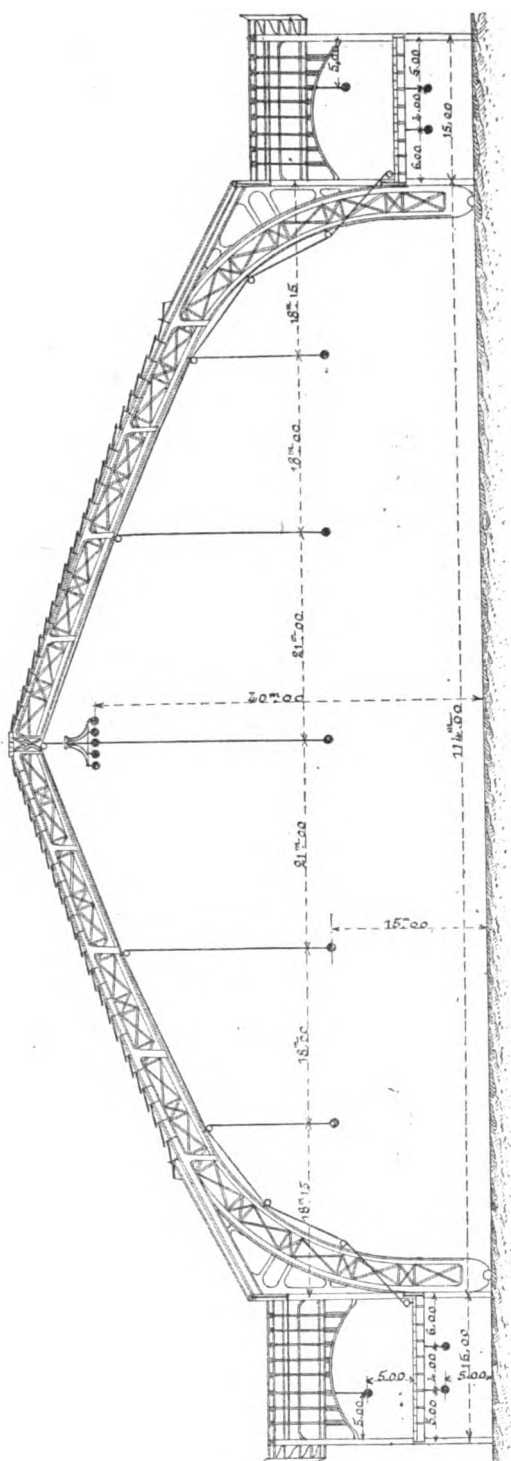


ÉCLAIRAGE GÉNÉRAL DU CHAMP-DE-MARS.

LÉGENDE

DE L'ÉCLAIRAGE GÉNÉRAL DU CHAMP-DE-MARS.

- A Jardin d'isolement.
 - B Annexe des chemins de fer.
 - C Galerie de 30^m.
 - D Avenue intérieure Labourdonnais.
 - E Porte Rapp.
 - F Pavillon de la Ville.
 - G Galerie des restaurants.
 - H { Galerie Rapp.
 - I { Galerie Desaix.
 - J Façade des Beaux-Arts.
 - K Fontaine Galloway.
 - L Fontaine Formigé.
 - M Jardin central.
 - N {
 - O { Pelouses.
 - P {
 - Q { Escaliers du jardin central.
 - R {
 - S Tranchée du chemin de fer.
 - T Bassins du jardin inférieur.
 - U Bâtiment de l'Administration.
 - V Vélums.
 - X Vestibule du palais des machines.
 - Y Façade extérieure des Beaux-Arts.
 - Z Dôme central.
-
- a Station centrale de la Société de transmission de la force par l'électricité.
 - b Station centrale du Syndicat des Électriciens.
 - c Station centrale de la Société Gramme.
 - d Station centrale de la Société Edison.
 - e Station centrale de la Société l'Éclairage électrique.
 - f Palais des Beaux-Arts.
 - g Palais des Arts libéraux.
 - h { Galeries des industries diverses (groupes divers).
 - i {
 - k { Galeries des industries diverses.
 - l {
 - m Montants de la tour Eiffel.
 - n Pavillon du Mexique.
 - o Pavillon de la République Argentine.
 - p Palais des machines.



Coupe transversale du Palais des Machines.

centrales : la station Gramme, la station Edison, la station Marcel Deprez, la station Jablochkoff, la station Ducommun et la station du Syndicat.

» La station Gramme est située dans le jardin intérieur, entre le palais des machines et les galeries des industries diverses; sa surface est de 640^{m²}. Elle comprend 2 dynamos de 175 chevaux et 3 dynamos de 100 chevaux, toutes cinq compound et fonctionnant sous 200 volts de différence de potentiel.

» La partie mécanique de cette station a été confiée à la maison Davey Paxman, de Colchester. Les générateurs à vapeur, au nombre de 9, sont du même genre que ceux des locomotives; les foyers, disposés en sous-sol, seront chargés automatiquement suivant les procédés de M. Godillot.

» Les machines, du système Paxman, sont à triple expansion : l'une peut développer 350 chevaux; la deuxième, 250 chevaux, et la troisième 100 chevaux. C'est donc d'une puissance de 700 chevaux que disposera la Société Gramme.

» La station Edison est située près du pavillon de la Presse, avenue de Labourdonnais; elle occupe une surface de 400^{m²}. Elle contiendra 4 chaudières Belleville de 150 chevaux, 4 machines à vapeur de Weyher et Richemond de même force, 4 dynamos Edison de 100 chevaux et 4 dynamos de 50 chevaux.

» La station Jablochkoff, installée par la Société l'Éclairage électrique, est située sur les berges de la Seine, à gauche du pont d'Iéna; elle occupe une surface de 400^{m²}.

» Sa puissance totale est de 600 chevaux, obtenue par 4 chaudières Terme et Deharbe et 4 machines à vapeur Lecouteux et Garnier, de 150 chevaux chacune.

» Les machines électriques, au nombre de 19, comprennent 8 machines Gramme à courants alternatifs, 10 dynamos Rehn-iewski à courants continus et 1 machine Ferranti à courants alternatifs.

» La station Marcel Deprez est située dans le jardin intérieur, près du vestibule du palais des machines. Elle contiendra 2 machines Corliss accouplées faisant 500 chevaux, construites par MM. Lecouteux et Garnier, et alimentées par des chaudières multitubulaires système Roser. 4 dynamos Marcel Deprez, à double an-

neau, absorbent cette puissance et envoient leur courant aux installations de la Société pour la transmission des forces par l'électricité et de la Société pour le travail des métaux.

» La station Ducommun est située dans la cour de la force motrice, sur l'axe même du Champ-de-Mars. Elle est installée dans l'aile gauche du bâtiment que MM. Steinlen et C^{ie} font construire pour exposer leurs produits. Sa puissance est de 300 chevaux.

» Les générateurs sont du système Lagosse. Les machines, construites par la maison Ducommun, sont du type Armington à grande vitesse.

» Les dynamos, au nombre de 15, sont de forces variables; inutile de dire qu'elles sont remarquables par le fini de leur exécution.

» La station du Syndicat est située dans le jardin intérieur, entre les stations Gramme et Marcel Deprez. Elle occupe une surface de 360^mq. Sa puissance est de 400 chevaux. Les chaudières qui l'alimentent sont installées par MM. Lacroix, Terme et Deharbe, Durenne, Montupet, Roser, Archambault et Soucaille. Une partie de la vapeur est envoyée dans la Section anglaise pour faire tourner les machines de MM. Crompton et C^{ie}.

» Les machines qui figurent dans la station du Syndicat sont :

Une machine à vapeur de 100 chevaux et 2 dynamos, de M. Borssat;

Une machine à vapeur de 40 chevaux et 1 dynamo, de la Société des forges et chantiers de la Méditerranée;

Une machine à vapeur de 30 chevaux et 1 dynamo, de la Société française de matériel agricole;

Une locomobile avec turbine à vapeur Parson, exposée par M. Garnot.

» *Installations dans le palais des machines.* — Outre ces six stations, qui représentent ensemble une puissance mécanique de 3100 chevaux-vapeur, le syndicat aura dans le palais des machines une série de moteurs dont voici les principaux :

	Chevaux.
Moteurs à gaz prêtés par la Compagnie parisienne.....	150
Moteurs à gaz installés par la Compagnie des moteurs Otto.....	250
Machine à air comprimé installée par M. Popp.....	20
Machine à vapeur installée par MM. Sautter-Lemonnier et C ^{ie}	100
» MM. Boulet et C ^{ie}	100
» les ateliers d'Oerlikon.....	70
» MM. Alioth et C ^{ie}	30
» la maison Farcot.....	80

» Lorsque toutes ces installations seront terminées, le syndicat

disposera d'une puissance mécanique d'environ 4000 chevaux-vapeur; et il aura, d'autre part, à sa disposition 10000^{kg} d'accumulateurs pour faciliter certains services d'éclairage.

FONTAINES LUMINEUSES.

» La principale attraction des soirées de l'Exposition sera certainement la double fontaine lumineuse qu'on construit dans le jardin du Champ-de-Mars.

» Cette fontaine est exécutée en partie par la Direction générale des travaux et en partie par la maison Galloway, de Manchester. Le syndicat n'aura à fournir que quelques-uns des appareils de projection et les courants électriques nécessaires à l'éclairage de l'ensemble des jets d'eau.

» C'est la Société Gramme qui est chargée d'alimenter les arcs voltaïques des projecteurs. Pendant que les eaux jailliront, on éteindra les grands lustres du palais des machines et l'on enverra le courant de ces lustres dans 48 régulateurs placés sous les bassins (une puissance motrice de 250 chevaux sera absorbée pour créer tous ces courants électriques).

» Tout d'abord, on ne voulait installer qu'une seule fontaine lumineuse, et l'on s'adressa à la maison Galloway, qui a des appareils réellement pratiques et un personnel exercé pour ce genre d'illuminations. La maison Galloway consentit à envoyer à Paris la jolie fontaine qui fonctionnait en 1886 à Londres, en 1887 à Manchester, et en 1888 à Glasgow. Nous allons donc voir en France, pour la première fois, les projections de lumière dans l'intérieur des jets d'eau qui ont eu tant de succès chez nos voisins d'outre-Manche.

» La fontaine Galloway est placée dans le jardin central, entre le palais des Beaux-Arts et le palais des Arts libéraux; elle se compose de la réunion d'un grand nombre de jets pouvant atteindre 40^m à 50^m de hauteur, éclairés par 18 régulateurs de 60 ampères chacun. Ces régulateurs sont manœuvrés à la main, au moyen de vis ayant des filets à droite et des filets à gauche, de manière à approcher ou à éloigner simultanément les deux porte-charbons. Des glaces épaisses, posées horizontalement sur le fond du bassin, permettent aux faisceaux lumineux de pénétrer à l'intérieur même des gerbes d'eau. Une série de verres colorés s'interposent mécaniquement

entre les glaces et les foyers lumineux pour donner à tous les jets, en même temps, la couleur qu'on désire.

» Les crayons des régulateurs sont placés à peu près horizontalement; les réflecteurs paraboliques, également horizontaux, sont disposés en dessous des crayons, de sorte que l'appareil envoie verticalement un faisceau de lumière parallèle. Ce faisceau traverse le verre de couleur, puis la glace, et vient finalement donner aux jets d'eau un éclat tellement brillant qu'on les prend volontiers pour de véritables pièces de feu d'artifice. L'ensemble des jets produit une impression excessivement agréable.

» Un mécanisme ingénieux, disposé sur la plate-forme d'un petit pavillon situé à une cinquantaine de mètres de la fontaine, permet de régler à volonté la forme et l'intensité des jets d'eau, ainsi que leur coloration en vert, en rouge, en jaune ou en blanc.

» L'agent de la maison Galloway chargé de la manœuvre est arrivé à produire les effets les plus variés et les plus inattendus. Tantôt les jets centraux forment avec ceux du pourtour des cascades étincelantes de feux multicolores; tantôt les jets centraux s'élèvent majestueusement à une grande hauteur et donnent l'illusion d'une immense tour gothique illuminée de toutes parts, tandis que les jets du pourtour forment une série de brillants arceaux enveloppant la tour. Quelquefois les jets partent isolément comme des fusées et projettent autour d'eux une pluie de feu; puis tout change : les robinets, ouverts en plein, laissent passer des torrents d'eau dont la couleur varie à chaque instant; l'effet général est extraordinaire.

» Ordinairement, M. Galloway comprime l'eau dont il a besoin au moyen de pompes et d'accumulateurs. Pour éviter une machinerie très coûteuse, M. Alphand a préféré lui laisser prendre directement l'eau sur une des conduites de la Ville de Paris.

» La seconde fontaine a été faite sous l'inspiration de M. Alphand. C'est l'œuvre de M. Formigé pour la décoration et de M. Bechmann pour les projections d'eau et de lumière.

» M. le Directeur général des travaux avait d'abord eu l'idée d'établir deux fontaines distinctes; mais, après y avoir mûrement réfléchi, il a préféré faire construire une fontaine à deux bassins avec un canal de jonction de 50^m de longueur. Le premier bassin est à cascade; son ornementation, très réussie, sera d'un aussi bel effet le jour que

la nuit. Le motif principal représentera le vaisseau de la Ville de Paris entouré d'attributs : dauphins, dragons, animaux marins, etc. ; le jeu d'eaux sera obtenu dans la partie monumentale au moyen de jets lancés horizontalement par ces divers animaux, ou sortant de conques, vases, etc., et sera complété dans le bassin propre de la fontaine par une série de gerbes verticales d'importance et de formes variables.

» Tout cet ensemble sera éclairé par l'électricité. Le système Galloway a été adopté pour les jets verticaux. Il a paru cependant préférable à M. Bechmann, ingénieur en chef du Service des eaux de la Ville de Paris, d'employer des régulateurs automatiques. Ces régulateurs seront disposés verticalement et munis d'un miroir sphérique qui enverra un faisceau légèrement divergent et à axe horizontal sur un miroir plan incliné à 45°. Le miroir redressera le faisceau et l'enverra verticalement à la glace fermant le bassin au-dessous de la grille formée par l'ensemble des ajutages d'une même gerbe.

» Pour les jets horizontaux, l'exécution présentait de grandes difficultés : un faisceau lumineux se réfléchit bien totalement et reste emprisonné dans la colonne d'eau où il est dirigé, mais cette réflexion totale disparaît si le jet se brise, et cela devait forcément se produire pour des jets aussi puissants ; en outre, il était impossible d'adopter pour ces jets paraboliques le système du faisceau de lumière parallèle employé pour les jets verticaux.

» Après des essais assez nombreux, on s'est arrêté à la disposition suivante : l'eau sera lancée par un ajutage en forme de couronne elliptique donnant une lame d'eau d'une faible épaisseur ou mieux une gaine d'eau vide en son milieu. Par le centre de l'ajutage sortira le faisceau lumineux ayant son point de convergence à l'orifice du jet et divergeant à partir de ce point ; il viendra alors rencontrer la face interne de la veine liquide près de l'ajutage, en un point où le jet n'est pas encore brisé et où se produira une réflexion totale qui enverra ses rayons dans la direction du jet ; ce faisceau continuera à diverger et sera assez ouvert pour contenir la partie basse du jet et l'éclairer sur tout son parcours. L'éclairage électrique de ces jets sera obtenu au moyen d'un régulateur avec projecteur envoyant un faisceau lumineux convergent sur un miroir réfléchissant placé en face de l'ajutage.

» La fontaine Formigé-Bechmann, d'une disposition toute nouvelle, comportera 30 jets : 16 verticaux et 14 paraboliques, qui seront éclairés au moyen de 30 régulateurs de 40 ampères. Nous espérons que sa somptueuse décoration et ses multiples jets lumineux, dont la couleur variera de la même manière et aux mêmes moments que ceux de la fontaine Galloway, seront d'un effet tout à fait grandiose.

» Ce sera, en tous cas, une nouveauté complète des plus intéressantes, qui vraisemblablement ne sera en rien inférieure à la disposition adoptée par les Anglais.

INTENSITÉS LUMINEUSES.

» Je disais tout à l'heure que la puissance lumineuse dont disposait le syndicat s'élevait à 4000 chevaux-vapeur; il me reste à vous indiquer les intensités lumineuses qui seront obtenues au moyen de ces 4000 chevaux.

» En admettant que chaque foyer, *pris isolément*, donne en moyenne une intensité lumineuse totale de :

					Carels.
Régulateurs...	{	Pour un arc de 8 ampères.....			100
		» 15 »			200
		» 25 »			350
		» 60 »			1000
Incandescence.	{	Pour une bougie Jablochkoff.....			40
		Pour une lampe Soleil.....			100
		Pour une lampe de 100 volts et 12 ampères.....			50
		» » 6 »			25
		» » $\frac{1}{2}$ »			1
		» » $\frac{1}{5}$ »			$\frac{1}{2}$

on arrive aux résultats suivants pour l'éclairage public de l'Exposition :

					Bees Carels.
51 régulateurs de 60 ampères à 1000 bees.....					51000
100 » 25 » 350 »					35000
10 » 15 » 200 »					2000
726 » 8 » 100 »					72600
97 bougies			40 »		3880
16 lampes Soleil			100 »		1600
72 lampes à incandescence			50 »		3600
10 » 25 »					250
3500 » 1 »					3500
6500 » $\frac{1}{2}$ »					3250
Intensité totale.....					176680

» Le traité passé entre l'État et le syndicat spécifie pour l'éclairage public une intensité totale de 150 000 becs Carcel; le calcul précédent montre que, même en considérant les foyers isolément, l'intensité des 1000 régulateurs et des 10 000 lampes à incandescence en cours d'installation dépassera le chiffre prévu au contrat.

» Mais dans les espaces couverts, où beaucoup de foyers sont allumés en même temps, les choses ne se passent pas ainsi : tous les brûleurs contribuent à l'éclairage de chaque point considéré, et l'intensité totale est très supérieure à la somme des intensités partielles de chaque foyer.

» M. Brault, ancien élève de l'École Polytechnique, a fait quelques calculs sur l'éclairage de la grande nef du palais des machines, et voici les résultats assez curieux auxquels il est arrivé :

» Vous vous souvenez que cette nef, dont la surface totale atteint près de 44 000^{m²}, est éclairée par 48 foyers de 60 ampères et par 86 foyers de 25 ampères, ce qui correspond à une intensité de 48 000 becs d'une part et de 30 100 becs d'autre part, soit en tout 78 100 becs (un peu moins de 2 becs par mètre carré de surface horizontale).

» Eh bien, en cherchant l'influence de chaque foyer sur une feuille de papier blanc placée horizontalement et promenée en divers points du plancher, on trouve que cette feuille de papier reçoit un éclairage variant entre 2 et 10 carcels-mètre des foyers de 60 ampères et un éclairage variant entre 3 et 6 carcels-mètre des foyers de 25 ampères. La moyenne de l'éclairement du plancher par les deux genres de foyers est de 10 carcels-mètre, de sorte que la lumière répandue dans la nef du palais des machines atteint, à elle seule, 440 000 carcels, près de trois fois l'intensité totale prévue pour l'ensemble de l'éclairage public.

» J'aurais encore bien des choses à vous dire sur l'éclairage des établissements privés et sur les dispositions prises par les électriciens pour assurer le succès de leur œuvre collective, mais je ne veux pas abuser plus longtemps de votre bienveillante attention et je préfère remettre à l'année prochaine, alors que l'Exposition tout entière sera passée à l'état de souvenir, la fin de cette Communication. »

M. LE PRÉSIDENT. — « Je remercie M. Fontaine de sa communica-

tion, au nom de la Société et en mon nom personnel. Tous les éléments se sont trouvés réunis pour la rendre si intéressante : l'actualité du sujet, le talent, la compétence de l'auteur à le traiter, le soin avec lequel il a bien voulu le faire ; l'exposé serait tout à fait complet s'il avait dit, s'il avait pu dire le rôle qu'il remplit dans cette organisation. Ce rôle est principal, prépondérant. A ceux qui le voient de près il appartient de le dire, et votre Président est de ceux-là. Aujourd'hui, nous prédisons à son entreprise un grand succès ; demain, à la fin de l'Exposition, au mois d'octobre, si M. Fontaine veut bien nous dire ce qui a été réalisé, ce seront nos félicitations que nous lui adresserons.

» A propos de l'Exposition, et avant de lever cette séance, votre Président voudrait faire part à la Société d'une décision que le Comité a prise en principe à sa dernière séance.

» Sur l'initiative d'un de ses membres, il a résolu que des Conférences-visites seraient organisées par les soins de notre Société, pour permettre à ses membres de visiter avec le plus de fruit tout ce qui, dans l'Exposition, aura rapport à l'électricité.

» Il n'est pas douteux qu'en faisant appel à la bonne volonté des conférenciers et à celle des exposants on ne réalise une œuvre utile et attachante, à laquelle tous les membres de notre Société seront appelés à prendre part.

» La mention que j'en fais aujourd'hui sera portée par notre *Bulletin* à la connaissance de ceux de nos collègues de Paris qui n'assistent pas à cette séance, et également en province et à l'étranger. Je les engage tous, ainsi que vous, Messieurs, à faire part de ce projet à ceux qui, autour d'eux, s'intéressent aux questions d'électricité : tous les hésitants à venir à nous profiteront, je l'espère, de cette occasion pour s'y déterminer. »

La séance est levée à 10^h.

SUR LA VALEUR INDUSTRIELLE ET ÉCONOMIQUE DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES.

[Suite et fin (¹).]

M. R. ARNOUX. — « La comparaison des données précédentes sur l'ancien et le nouveau type Desrozières de 16 000 watts montre que, si l'abaissement de la densité des flux de force dans les entrefers a forcé à majorer de 50 pour 100 le poids du cuivre induit, cet abaissement a permis par contre de réaliser une économie de près de 100^{ts} sur le *poids total* du cuivre employé et de faire passer le rendement industriel de 75 à 81 pour 100, sans que la puissance de transformation de la machine et son poids aient été altérés.

» Il a simplement suffi pour cela de réduire la valeur du rapport des résistances d'entrefer à celles du reste du circuit magnétique, en donnant aux épanouissements polaires une surface égale à deux fois et demie la section droite des noyaux inducteurs, comme cela existe dans les bonnes machines à tambour.

» Ainsi l'emploi judicieux des épanouissements polaires, épanouissements qui existent *tout naturellement* dans les machines à anneau et à tambour, à cause de la forme cylindrique des induits, a permis ici non seulement d'augmenter l'utilisation spécifique du cuivre, qui est le métal cher dans les dynamos, mais encore de diminuer de plus de moitié l'énergie dépensée pour l'obtention des champs de force.

» Il importe de faire remarquer à ce sujet que le succès industriel et l'économie de construction des dynamos à disque et même des machines à courants alternatifs, genre Siemens et Ferranti-Thomson, dépendent surtout de l'emploi judicieux des épanouissements polaires qui, seuls, permettent de réduire pratiquement les résistances d'entrefer, toujours nécessairement très considérables dans ces machines.

LE CIRCUIT MAGNÉTIQUE.

» L'économie et les avantages pratiques des champs magnétiques d'intensité modérée étant bien nettement établis par les leçons de l'expérience, il nous reste à exposer maintenant quels sont les moyens employés par les constructeurs pour augmenter ou dimi-

(¹) Voir *Bulletin*, n° 55, p. 50.

nuer un champ magnétique de façon à le proportionner au type étudié.

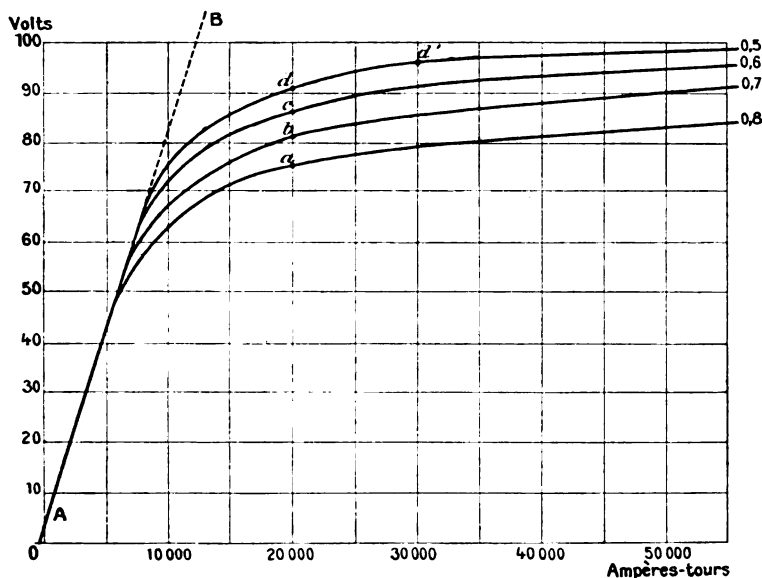
» Lorsqu'un constructeur veut augmenter, par exemple, le champ magnétique d'une machine, il se présente à lui deux moyens qui, tous les deux, le conduisent à modifier le rapport de la résistance des entrefers à celle des autres parties du circuit magnétique.

» Le premier, qui est le plus souvent employé parce qu'il est le plus simple et le plus efficace, consiste à augmenter la section des noyaux inducteurs et quelquefois aussi celle des culasses, ce qui diminue la résistance du circuit magnétique et augmente, par conséquent, le flux de force utile.

» Le second moyen, qui augmente également le flux de force utile, parce qu'il réduit aussi la résistance du circuit magnétique, consiste à diminuer les distances d'entrefer.

» *Section des noyaux de fer inducteurs.* — Lorsqu'on augmente progressivement la section des noyaux de fer d'une dynamo, *sans modifier les entrefers*, l'expérience donne une série de courbes *a, b, c, d* (fig. 3), qui viennent toutes se raccorder tangentielllement et

Fig. 3.



se confondre avec la droite AB, et qui s'élèvent d'autant plus que la section des noyaux est plus grande.

» On sait en effet que, lorsque le fer est soumis à des forces magnétisantes croissantes, sa résistance magnétique, d'abord extrêmement faible, est absolument négligeable par rapport à la résistance de l'air et, en particulier, des entrefers, qui seule donne à la droite AB sa direction initiale. Elle augmente ensuite progressivement avec la force magnétisante; son influence sur la résistance totale du circuit magnétique se fait de plus en plus sentir, et les courbes *a*, *b*, *c*, *d* s'éloignent successivement de la droite AB, dont le coefficient angulaire est inversement proportionnel, comme nous le verrons plus loin, à la seule résistance des entrefers.

» Ainsi l'on voit qu'en augmentant la section des noyaux inducteurs on augmente le champ. Mais, en augmentant la section des noyaux, on augmente leur périmètre et par conséquent le volume du cuivre employé à leur excitation.

» En outre, on a vu plus haut qu'en augmentant progressivement la section des noyaux on obtenait une série de courbes *a*, *b*, *c*, *d*. Il est facile de voir, sur la *fig.* 3, que les points *a*, *b*, *c*, *d*, qui correspondent à un même nombre d'ampères-tours d'excitation, ne peuvent donner au fonctionnement de la dynamo le même coefficient de stabilité, et que pour retrouver sur la caractéristique *d*, par exemple, *la même stabilité* qu'en *a* sur la caractéristique *a*, il faut remonter jusqu'au point *d'*, ce qui majore encore la dépense de cuivre sur les inducteurs.

» D'autre part, il importe de remarquer que le flux de force qui traverse le système inducteur ne peut croître *proportionnellement* à la section des noyaux, puisque les résistances du circuit magnétique se composent de celles des entrefers, qui sont fixes, et de celles des culasses et de l'anneau ou tambour de fer, qui suivent une loi de saturation d'autant plus rapide que la section des noyaux inducteurs est plus grande. Donc le rapport du flux de force créé à la dépense des matériaux tend vers un maximum que le constructeur doit chercher à atteindre et qui correspond, pour un type donné, à une certaine densité de champ dans les entrefers.

» En pratique, on emploie, pour constituer le système inducteur d'une dynamo, du fer, de l'acier ou de la fonte. Il importe d'examiner les avantages économiques de ces différentes matières.

» Aujourd'hui, on abandonne peu à peu le fer, dont l'infusibilité

pratique nécessite un travail de forge assez coûteux, pour employer l'acier, qui a des qualités magnétiques presque aussi élevées et dont on est arrivé à abaisser la température de fusion (par l'adjonction d'une petite quantité d'un alliage de fer et d'aluminium que le procédé Cowles fournit couramment aujourd'hui à l'industrie) au point de pouvoir le couler dans des moules à sable comme la fonte. On obtient ainsi la même économie de main-d'œuvre, et les avantages de la fonte résident seuls dans son prix de revient, qui est actuellement moitié moins élevé que l'acier au ferro-aluminium.

» Mais si la fonte coûte moins cher que l'acier coulé, sa conductibilité magnétique n'est pas supérieure pratiquement, c'est-à-dire, dans la partie coudée de la caractéristique, aux deux tiers de celle de l'acier. Dans ces conditions, l'emploi de la fonte nécessite sur les inducteurs un poids de fer et surtout de cuivre qui compense la valeur peu élevée du prix de revient de cette matière.

» En outre, la fonte offre deux inconvénients pratiques dont le premier surtout est assez grave.

» On sait que la *caractéristique* d'une machine à inducteurs en fonte ne présente pas de coude nettement défini, de sorte que la *stabilité de fonctionnement* ne peut dépasser une certaine valeur.

» Avec l'acier, au contraire, le coude est toujours très nettement caractérisé et il suffit d'une très petite différence dans les ampères-tours d'excitation pour franchir le coude et atteindre une *stabilité de fonctionnement* suffisante et très supérieure à celle qu'on peut obtenir avec la fonte.

» L'autre inconvénient de la fonte est que sa résistance magnétique est assez variable pour que le constructeur ne puisse fixer à 100 tours près sur 1000 la vitesse de rotation d'un type parfaitement établi. Aussi les constructeurs de dynamos à inducteurs en fonte n'indiquent-ils presque jamais les vitesses de rotation de leurs différents types.

» En pratique, on emploie différentes formes d'inducteurs ayant leurs avantages et leurs inconvénients, qu'il importe de signaler également.

» On sait que le cercle est la figure géométrique qui permet d'embrasser la plus grande surface sous le plus petit périmètre. Les noyaux cylindriques sont donc ceux qui exigent le moins de cuivre

pour leur excitation, mais, pour la même raison, ils offrent une surface de refroidissement relativement moins grande que les noyaux à section rectangulaire, qui offrent, en outre, l'avantage de permettre de réaliser des machines plus compactes.

» Dans les machines bipolaires, qui sont les plus répandues et les moins coûteuses de construction, le flux d'induction traversant les entrefers fait généralement partie d'un ou de deux circuits magnétiques au plus, mais il est à remarquer que, dans les dynamos bien proportionnées, la résistance magnétique des différents systèmes d'inducteurs imaginés est à très peu près la même. L'économie réside donc surtout dans la quantité de cuivre employée pour l'excitation.

» Le système à simple circuit magnétique, dit *en fer à cheval* et employé dans les machines Edison, Kapp, Gramme type supérieur, Siemens, etc., est le plus économique comme cuivre ou comme excitation. Mais cette disposition présente deux inconvénients.

» Le premier, c'est que le rapport de la surface extérieure du système à son volume, rapport dont dépend l'échauffement des bobines excitatrices, est plus petit que dans le système à double circuit magnétique.

» Le second inconvénient est plus grave. Il est dû à ce fait que l'anneau ou le tambour de fer induit joue le rôle d'armature par rapport aux inducteurs, qui l'attirent dans un sens tel qu'il y ait fermeture plus complète du circuit magnétique.

» Cette circonstance produit alors sur les arbres et les coussinets des flexions et des pressions qui interdisent l'emploi de cette disposition dans les grandes dynamos bipolaires, où les forces d'attraction sont relativement plus fortes et les arbres de sections relativement plus faibles que dans les petites machines.

» Si l'on compare à ce point de vue la disposition employée par Edison et la disposition renversée employée par M. Gramme dans son type supérieur, on voit que dans le premier cas la pression sur l'arbre et ses coussinets est égale à la *différence* entre le poids de l'induit et la force d'attraction des masses polaires, tandis que dans le type supérieur la pression sur les paliers est égale à la *somme* de ces deux forces, ce qui oblige à grossir les arbres et à allonger leur portée dans les coussinets. De plus, le type supérieur a l'inconvé-

nient d'élever beaucoup trop au-dessus de la plaque de fondation l'axe de rotation de l'induit, ce qui facilite les trépidations.

» Les dispositions à double circuit magnétique exigent une dépense de cuivre plus considérable sur le système inducteur, mais elles ont l'avantage de rendre absolument symétriques par rapport à l'axe de rotation les attractions produites par le système inducteur et de donner aux bobines excitatrices des surfaces de refroidissement relativement plus considérables.

» Ces avantages font que l'emploi du double circuit magnétique est tout indiqué dans la construction des grandes dynamos bipolaires.

» Dans les machines à anneau en forme de disque, types Suckert, Gölckert, Mordey, etc., l'attraction de l'anneau par les masses polaires force à donner un jeu relativement considérable à l'induit et à augmenter, par suite, les résistances d'entrefer.

» *L'entrefer.* — Le second moyen employé par les constructeurs pour modifier le champ magnétique d'une dynamo consiste à faire varier l'entrefer. Ce moyen est beaucoup moins efficace et moins simple que le précédent, parce qu'il oblige à modifier complètement l'enroulement induit.

» Lorsqu'on fait croître progressivement les distances d'entrefer en augmentant le diamètre d'alésage des pièces polaires, l'expérience donne une série de courbes A, B, C (*fig. 4*), toutes issues d'un même point O situé un peu à droite de l'origine des coordonnées. Toutes ces courbes se séparent nettement dès le début, et leurs directions initiales sont telles que les coefficients angulaires des tangentes à leur origine commune sont entre eux en raison inverse des distances d'entrefer.

» La *fig. 4* donne trois caractéristiques A, B et C qui correspondent aux trois entrefers de 8^{mm}, 10^{mm} et 13^{mm}, 2. L'expérience montre qu'on a très exactement

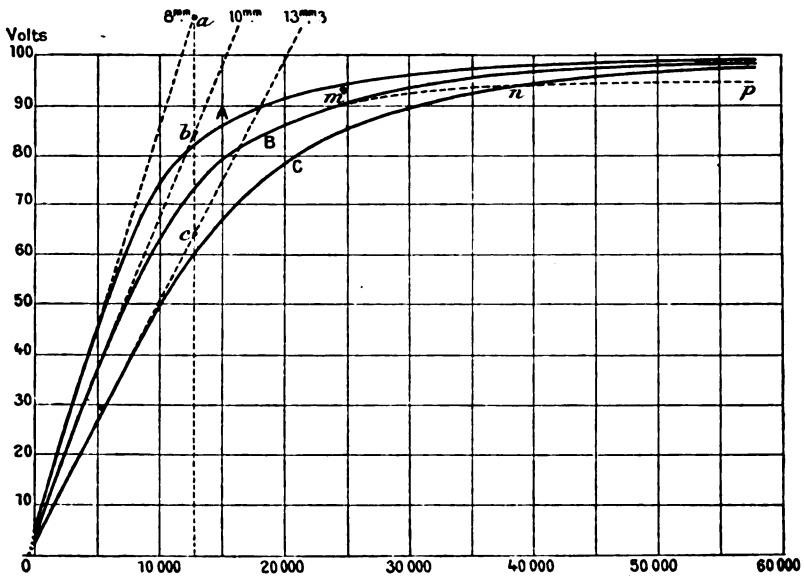
$$8ad = 10bd = 13,2cd.$$

En augmentant, en effet, le diamètre d'alésage des masses polaires, on augmente la résistance totale du circuit magnétique, mais on ne modifie pas pratiquement la loi de la distribution des lignes de force à travers l'air. D'autre part, on a vu plus haut que, pour de petites

forces magnétisantes, la résistance du fer était absolument négligeable par rapport à celle des entrefers qui, seule, commande la direction initiale des courbes A, B, C. Lorsque, au contraire, on atteint des forces magnétisantes considérables, la résistance du fer constituant le système inducteur devient presque infinie, et alors les rôles sont renversés, la résistance des entrefers devient négligeable devant celle du fer et toutes les courbes tendent à se confondre dans leur partie horizontale.

» Il nous a paru nécessaire d'insister sur ces faits d'expérience, d'ailleurs connus des constructeurs, pour relever certaines erreurs qu'on publie de temps en temps, faute de ces connaissances.

Fig. 4.



» Ainsi on répète souvent que l'intensité du champ magnétique d'une dynamo varie en raison inverse de l'entrefer. On a raison s'il s'agit de la partie *initiale* de la caractéristique, mais on a complètement tort s'il s'agit de la partie *finale*.

» Or nous avons démontré plus haut que *toutes* les dynamos fonctionnent pratiquement dans le coude et au delà du coude de leur caractéristique, c'est-à-dire dans des parties où interviennent *à la fois et d'une façon très comparable les résistances des entrefers et de*

la partie métallique du circuit magnétique. Il est donc absolument interdit de baser aucun calcul ni aucune théorie sur l'hypothèse de l'intensité des champs magnétiques variant en raison inverse des entrefers.

» En pratique, et cela ressort d'ailleurs de l'examen des courbes de la *fig. 4*, lorsqu'on fait varier les entrefers d'un type à l'étude, c'est bien plutôt pour augmenter ou diminuer les épaisseurs ou volumes de cuivre qui doivent s'y déplacer, que l'intensité du champ magnétique.

» La *fig. 4* montre que l'accroissement des entrefers donne des caractéristiques de plus en plus aplaties, le coude disparaît peu à peu et la *stabilité de fonctionnement* peut s'abaisser au point que la dynamo ne peut plus s'exciter elle-même. Nous avons eu l'occasion de constater ce fait dans les premières dynamos à disque de M. Desroziers. Les premiers types construits avaient des résistances d'entrefers tellement considérables qu'ils ne pouvaient fonctionner qu'excités par une source étrangère.

» Mais ce n'est pas là le seul inconvénient des grands entrefers.

» Nous avons fait observer qu'en pratique on augmente les entrefers afin de les faire traverser par des masses de cuivre plus considérables. Cet accroissement du volume du cuivre induit augmente bien jusqu'à un certain point la *puissance de transformation* de la machine, mais il fait naître une foule d'inconvénients fort graves qu'il est utile de signaler.

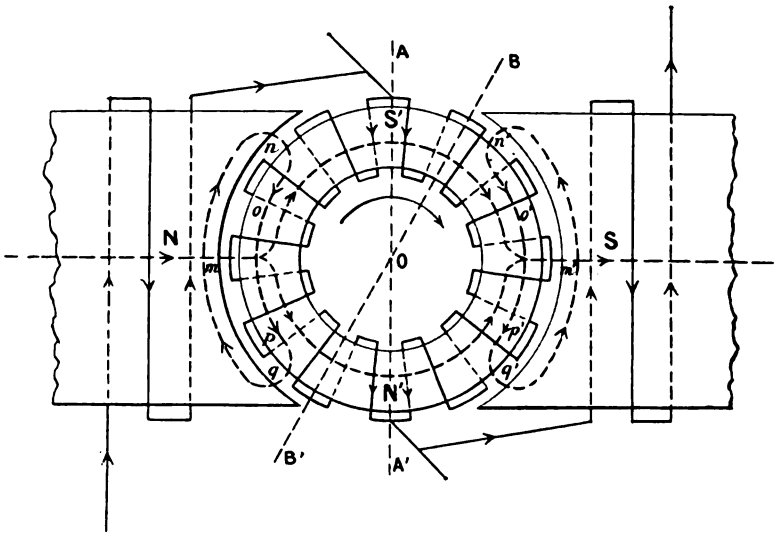
» Dans les machines ordinaires, le métal induit est disposé sur un anneau ou tambour en fer destiné à fermer le circuit magnétique inducteur.

» Considérons le cas d'une machine à anneau. La *fig. 5* représente schématiquement un induit à anneau de fer muni de son système inducteur. La circulation électrique inductrice produit un flux de force représenté par les deux lignes NS'S et NN'S, la circulation induite produit deux autres flux de force représentés par les deux courbes fermées *pqmnop* et *p'q'm'n'o'p'*.

» L'expérience montre, en effet, que la presque totalité des flux de force créés par la circulation induite se ferme directement par les coquilles des masses polaires, à cause de la faible résistance des entrefers. Il résulte de là que les flux de force inducteurs et induits

s'ajoutent dans les parties p et o' de l'anneau et se retranchent dans les parties o et p' , de sorte que le plan sécant BB' correspondant au maximum du flux de force résultant qui traverse l'anneau se trouve reporté à droite du plan primitif AA' . Dans le cas où la machine doit fonctionner comme génératrice de courant, la loi de Lenz montre que l'induit doit tourner dans le sens de la flèche O pour que le principe de la conservation de l'énergie soit satisfait.

Fig. 5.



» D'autre part, les boucles induites qui passent sous les balais, n'embrassant plus le flux de force maximum, sont le siège de forces électromotrices relativement élevées, qui obligent à déplacer la ligne de calage des balais dans le sens du mouvement de rotation. Mais alors il est facile de voir que, à mesure qu'on décale les balais, les flux de force créés par la circulation induite tendent à se fermer de moins en moins directement par les coquilles et de plus en plus par le circuit magnétique inducteur, dans un sens qui tend à diminuer le flux de force inducteur traversant l'anneau et, par conséquent, la valeur des forces électromotrices induites.

» Il peut se produire alors ce fait, qu'on constate dans les machines mal proportionnées, que les flux de force créés sur place par la circulation induite soient supérieurs à ceux que les inducteurs tendent à faire passer à travers l'anneau. Dans ce cas, il n'existe plus

de calage nettement défini, il est impossible d'éviter les étincelles aux balais et le collecteur est rapidement mis hors de service.

» Une autre considération qui n'est pas moins importante, c'est que, si l'on augmente trop le volume du cuivre induit et par conséquent les ampères-tours sur l'anneau, on augmente la perte d'énergie produite par l'hystérésis et les courants de Foucault.

» Il est facile de voir que, si l'on isole un anneau de son système inducteur et que l'on fasse traverser l'enroulement de cet anneau par un courant emprunté à une source d'électricité quelconque, il se produira dans le plan de calage des balais qui amènent le courant deux pôles conséquents N' et S' (*fig. 5*). Si l'on fait alors tourner l'induit à l'aide d'une courroie, en maintenant fixe le calage des balais, l'enroulement tourne évidemment avec la même vitesse que l'induit, mais les deux champs de force créés par la circulation du courant restent fixes dans l'espace, et les choses se passent comme si le noyau de fer se déplaçait seul dans ces champs de force. Il en résulte que chaque molécule de l'anneau de fer, traversant continuellement ces deux champs de force d'intensité variable en chaque point, est le siège constant de pertes d'énergie dues au frottement magnétique (hystérésis) et aux courants de Foucault qui s'y développent.

» Il importe de remarquer que, les deux flux de force créés par la circulation induite ne pouvant s'appuyer sur aucun autre flux de force fixe, aucun travail n'est prélevé sur la courroie. Mais la nature, toujours conséquente avec elle-même, prélève l'énergie ainsi perdue sur le courant traversant l'enroulement et les choses se passent comme si *la résistance statique de l'induit était augmentée*.

» Ainsi que l'a fait remarquer pour la première fois notre regretté collègue Cabanellas, la résistance *dynamique* d'un anneau est toujours supérieure à sa résistance *statique*, car, lorsque l'anneau fonctionne avec son système inducteur, les choses se passent évidemment de la même façon, à l'intensité près du phénomène. Il est curieux de remarquer que cette perte supplémentaire d'énergie n'est prélevée qu'*indirectement* sur la puissance motrice.

» En résumé, on voit que l'échauffement d'un anneau de fer dépend non seulement de son déplacement dans le champ magnétique créé par les inducteurs, mais encore dans celui créé par la circulation

induite. Ainsi donc, si l'on exagère les ampères-tours sur un induit, on s'expose à abaisser non seulement le rendement brut, mais encore la puissance de transformation de la dynamo.

» L'expérience montre, en effet, que le maximum du produit de la puissance de transformation d'une dynamo par son rendement industriel correspond à un entrefer et un volume de cuivre induit beaucoup plus faibles que ceux qui correspondent au maximum de la puissance de transformation, dont le type est susceptible de la même vitesse de rotation.

» Ce que nous venons de dire pour un anneau s'applique également à un tambour, mais la disposition de l'enroulement sur tambour donne lieu à la création de champs de force beaucoup plus faibles, parce que les actions magnétiques des boucles de fil s'annulent en partie sur les bases ou calottes du tambour. L'expérience constate, en effet, que la réaction d'induit d'un tambour varie entre 5 et 7 pour 100 dans le coude de la caractéristique, tandis que celle d'un induit annulaire peut atteindre et même dépasser 15 pour 100.

» Si l'on remarque maintenant que la valeur des flux de force dus à la circulation induite d'un enroulement quelconque est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnelle à la section droite du noyau de fer induit et aux ampères-tours créés par le courant qui traverse cet enroulement, on conçoit que l'expérience et la sélection naturelle aient amené peu à peu les bons constructeurs à observer certaines proportions pour remédier à cette *maladie constitutionnelle* des dynamos à noyau de fer induit, et qu'il est utile de faire connaître afin d'éviter les tâtonnements.

» Dans les meilleures machines actuelles, la section droite du fer de l'anneau est égale aux $\frac{7}{10}$ de celle des noyaux inducteurs dans les petits anneaux et aux $\frac{6}{10}$ dans les grands.

» Dans les dynamos à tambour, les meilleures proportions varient entre 0,8 et 0,7.

Avec ces proportions, la somme des ampères-tours réalisés en pleine charge sur l'induit ne doit pas être supérieure au *quart* pour l'anneau, au *tiers* pour le tambour, de la somme des ampères-tours réalisés sur les inducteurs.

» D'autre part, la pratique journalière a peu à peu consacré cer-

taines proportions à observer entre les diamètres intérieurs et extérieurs des disques de fer qui entrent dans la constitution des anneaux et des tambours des machines bipolaires.

» Dans les induits des machines bipolaires à tambour, le diamètre intérieur est égal aux $\frac{1}{10}$ du diamètre extérieur.

» Dans les induits à anneau, l'obligation de loger aisément le fil constituant l'enroulement a fait donner au diamètre intérieur une longueur égale aux $\frac{6}{10}$ du diamètre extérieur.

» Il importe de remarquer qu'il ne faut pas beaucoup s'éloigner de ces proportions.

» Considérons, en effet, des disques de fer de même largeur traversés par les mêmes flux de force. Si l'on augmente le développement des disques, on diminue les résistances d'entrefer, mais on augmente les résistances électriques et magnétiques de l'enroulement et de son noyau de fer, le poids du cuivre employé et la réaction d'induit.

» Si, au contraire, on diminue le diamètre extérieur des disques, on diminue les poids de fer et de cuivre employés ainsi que les résistances magnétiques et électriques de l'induit, mais on augmente la résistance des entrefers et, si l'on exagère les choses, on peut arriver à retrouver sur les inducteurs le cuivre qu'on croyait avoir économisé sur l'induit.

» Les proportions qui viennent d'être données pour les sections de fer à observer dans le circuit magnétique conduisent, pour les induits annulaires, à des densités de flux voisines de 3500 unités C. G. S. dans les entrefers et 15 000 dans l'anneau, et, pour les induits à tambour, à des densités de flux voisines de 4000 unités C. G. S. dans les entrefers et 10 000 dans le fer du tambour. Dans les induits à tambour, on profite de la réaction moins grande de l'induit pour abaisser de 15 000 à 10 000 la densité du flux de force dans les noyaux et compenser ainsi les résistances plus grandes d'entrefer.

» *Épanouissements polaires.* — En pratique, l'arc d'embrassement des pièces polaires varie entre 120° et 130°. Lorsqu'on diminue l'arc d'embrassement, on augmente les résistances d'entrefer, la caractéristique obtenue est plus aplatie et donne une *stabilité de fonctionnement* moins élevée à la dynamo. Lorsqu'on augmente au contraire cet arc, on obtient une caractéristique *OBmnp*, qui passe d'abord

au-dessus de la précédente C (*fig. 4*), puis ensuite au-dessous à partir du point *m*, ce qui montre que le coefficient ν de M. J. Hopkinson ne reste pas constant, qu'il varie au contraire à partir du coude, c'est-à-dire dans la partie de la caractéristique où la résistance magnétique du fer commence à varier sensiblement, celle de l'air restant toujours constante.

» Nous avons vu que toutes les dynamos fonctionnent pratiquement dans le coude et un peu au delà du coude de la caractéristique, c'est-à-dire dans une partie de la courbe où interviennent à la fois et d'une façon très comparable les résistances d'entrefer et de fer du circuit magnétique. Il en résulte qu'il n'est pas économique de saturer le fer des noyaux, comme le font beaucoup de constructeurs dans le but de limiter la réaction d'induit. Il est bien évident qu'il faut dépenser proportionnellement plus de fer et de cuivre sur les inducteurs d'une dynamo pour faire passer la densité du flux de force dans le noyau de fer induit de 15 000 à 16 000 unités C.G.S. que de 14 000 à 15 000. Il est beaucoup plus rationnel et plus économique, au double point de vue du rendement et de l'utilisation spécifique de la matière, de diminuer la réaction en diminuant les ampères-tours sur les induits.

» Afin de fixer les idées sur les proportions de fer et de cuivre adoptées actuellement dans les bons induits annulaires, nous allons donner les éléments de construction d'un anneau développant une puissance de 16 000 watts à la vitesse angulaire de 880 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de déplacement du cuivre induit dans les entrefers de 1.5^m par seconde :

Section totale des noyaux inducteurs (acier coulé).....	660 ^{cm}
Longueur, suivant l'axe de rotation, des masses polaires et de l'anneau..	28 ^{cm}
Diamètre d'alésage des pièces polaires	34 ^{cm} , 5
Diamètre extérieur des disques de fer constituant l'anneau.....	32 ^{cm}
Diamètre intérieur des disques de fer constituant l'anneau.....	19 ^{cm}

» L'enroulement du cuivre sur l'anneau est constitué par une seule couche de fil ayant un diamètre de 3^{mm}, 8.

» En résumé, les induits à tambour ont des résistances d'entrefers plus grandes et des résistances magnétiques de noyau plus faibles que les induits annulaires, mais moins de réaction d'induit. Ils exigent des vitesses angulaires plus grandes, à cause du dévelop-

pement relativement plus faible du tambour. L'expérience a d'ailleurs fait remarquer que les machines à tambour ont un meilleur rendement industriel que les machines à anneau, mais sont plus lourdes.

» Chaque système a donc des avantages et des inconvénients propres très nettement caractérisés, et les bons ateliers construisent aujourd'hui indifféremment des dynamos à tambour ou à anneau, de façon à pouvoir répondre à tous les besoins.

» On peut dire que l'emploi des induits à tambour, dont l'enroulement nécessite des précautions spéciales d'isolement à cause de la proximité inévitable des boucles induites diamétralement opposées, est tout indiqué dans le cas où l'on a à produire de faibles pressions électriques et de grands débits.

» L'anneau est et sera toujours employé de préférence pour développer des forces électromotrices élevées, à cause de la facilité avec laquelle l'isolement des sections induites peut être obtenu et assuré.

» *Constitution des noyaux de fer induits.* — On sait que les anneaux et les tambours des machines actuelles sont constitués par du fil ou des disques de tôle de fer, dont le diamètre ou l'épaisseur influe d'une façon considérable sur le rendement industriel des dynamos, même bien proportionnées. Bien plus, il peut se faire, comme nous le verrons plus loin, que l'existence même de la dynamo soit compromise.

» Considérons ce qui se passe dans un noyau de fer se déplaçant dans un champ de force. La *fig. 6* représente la section d'un anneau de fer et de ses pièces polaires inductrices par un plan passant par l'axe de rotation et le milieu des masses polaires. Pour simplifier, provisoirement du reste, la question, supposons que l'induction soit uniforme dans la section *abcd* et partageons cette section en éléments infiniment petits par des droites parallèles à l'axe de rotation, coupées par un second système de droites parallèles faisant des angles droits avec les premières. Il se produit alors autour de chacune de ces aires infiniment petites des courants d'induction circulant tous dans le même sens, comme l'indiquent les petites flèches dessinées. Si l'anneau forme une masse compacte, toutes les parties de ces courants qui circulent suivant ces lignes droites se détrui-

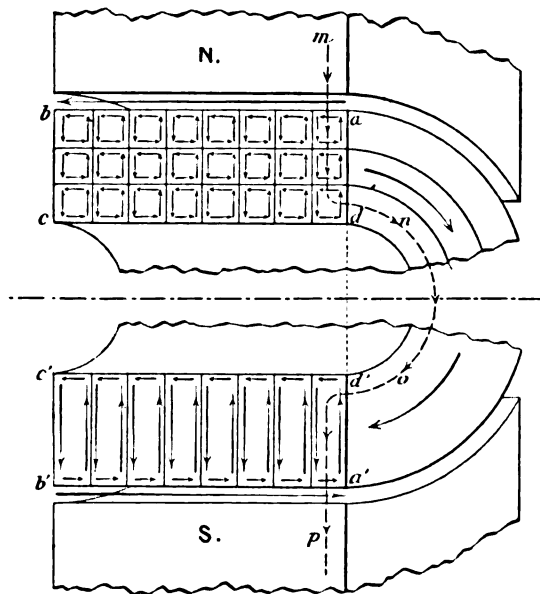
sent deux à deux, sauf celles situées sur les bords extérieurs *abcd*. Il en résulte un courant *solénoïdal* très intense, parce que la résistance électrique opposée à la circulation de ce courant est *relative-ment* très faible.

» Mais si, par un moyen quelconque, nous avons isolé *électrique-ment* chacune de ces surfaces infiniment petites de celles qui l'entourent, les courants élémentaires parallèles ne peuvent plus s'annuler deux à deux comme précédemment, et la somme des *résistances élec-triques* opposées à la circulation de ces courants d'induction, appelés *courants de Foucault*, est alors augmentée dans le rapport de la somme des périmètres de toutes les sections élémentaires au périmètre extérieur *abcd* de l'anneau.

» On voit donc qu'en divisant la masse de fer d'un anneau ou d'un tambour on ne modifie pas la perte d'énergie par hystérésis; mais on peut abaisser autant qu'on veut celle qui est due à la production des courants de Foucault.

» Le cas que nous venons d'examiner est celui du fil de fer, mais

Fig. 6.



l'emploi du fil de fer offre un inconvénient magnétique assez grave et qu'il est nécessaire de signaler. Pour cela, considérons (*fig. 6*)

une ligne de force *mnop*, partant de la pièce polaire supérieure et aboutissant à la pièce inférieure S. Cette ligne est obligée de franchir non seulement les deux entrefers de la dynamo, mais encore tous les petits entrefers qui existent entre chaque spire de fil. Si le noyau est constitué par des disques, cet inconvénient n'existe pas (*voir* la partie inférieure de la *fig.* 6). Ainsi l'emploi de disques minces présente l'avantage inappréciable d'augmenter autant qu'on veut les *résistances électriques* opposées à la circulation des courants de Foucault, sans modifier la *résistance magnétique* du noyau.

» Aujourd'hui, les anneaux ou tambours de toutes les bonnes dynamos sont constitués par des disques de tôle dont l'épaisseur est comprise entre 0^{mm},4 et 0^{mm},6.

» Il ne faudrait pas croire que la perte d'énergie due à la production des courants de Foucault dans les noyaux de fer soit négligeable en pratique.

» Nous avons eu l'occasion de démonter l'induit d'une dynamo dont l'anneau était constitué par des disques de fer de 470^{mm} de diamètre extérieur, de 270^{mm} de diamètre intérieur et de 2^{mm},2 d'épaisseur (*fig.* 7).

» Dans ces conditions, l'induit de cette machine a été mis hors de service dans l'espace de quinze jours. En examinant attentivement les disques dont cet anneau était composé, nous avons constaté que leur bord extérieur *avait été recuit au bleu*; la température s'était donc élevée dans cette partie à 293° C. ! Les températures allaient en décroissant, comme cela est indiqué dans la *fig.* 7, jusque vers le bord intérieur des disques où la température n'avait certainement pas dépassé 160° environ, ainsi qu'on pouvait le constater d'après l'état des rondelles de papier isolant les disques et du coton isolant les fils. Il est certain que si cette dynamo, au lieu de fonctionner seulement quelques heures par jour, avait fait un service ininterrompu de dix ou douze heures, elle aurait été mise hors de service dès le premier jour.

» On peut être étonné qu'il puisse s'établir entre les bords extérieur et intérieur des disques des différences de température aussi considérables, mais il faut bien se rendre compte que la ventilation énergique à laquelle est soumis l'anneau empêche la chaleur développée de se répartir également dans sa masse. Il en résulte que la

température atteinte en chaque point est très sensiblement proportionnelle à la quantité de chaleur dégagée en ce point.

» La *fig. 8* indique assez exactement, et d'après les données fournies par cette expérience, la distribution des lignes d'égal flux ou densité des courants de Foucault. La densité de ces courants est maxima vers le bord extérieur des disques parce que c'est la partie qui coupe le plus de lignes de force avec la plus grande vitesse.

Fig. 7.

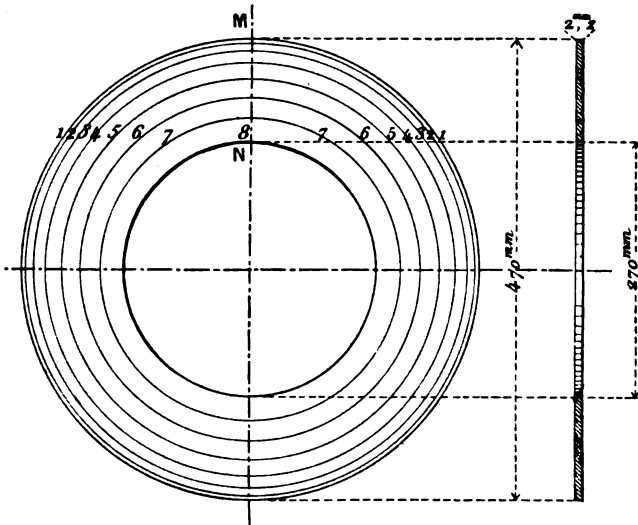
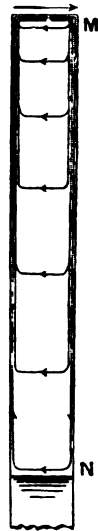


Fig. 8.



Température.

1, bleu.....	293°
2, indigo.....	287
3, violet.....	276
4, gorge de pigeon.....	264
5, orange.....	244
6, jaune d'or.....	225
7, jaune paille.....	200
8, environ.....	160

» Cette simple constatation d'un fait expérimental permet d'expliquer d'une façon aussi claire qu'inattendue un fait assez peu connu, bien qu'il soit très facile à constater à la main : c'est que la température à la périphérie d'un anneau est toujours beaucoup plus élevée qu'à l'intérieur, où l'agglomération du fil est cependant plus considérable et la ventilation moins énergique qu'à l'extérieur.

» Cet échauffement relativement considérable du bord extérieur des disques de fer d'un anneau ou d'un tambour est encore accru par

leur déplacement dans les champs de force créés par la circulation induite. Il en résulte qu'un nombre d'ampères-tours trop considérable, réalisés sur un anneau ou un tambour, est une cause supplémentaire d'échauffement.

» Un calcul très simple et très suffisamment approximatif montre que, si l'on néglige l'épaisseur des disques devant leur largeur, la quantité de chaleur due au développement des courants de Foucault varie, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse du carré du nombre des disques employés, ou, ce qui revient au même, proportionnellement au carré de leur épaisseur.

» L'épaisseur des disques employés actuellement par les bons constructeurs varie entre 0^{mm},4 et 0^{mm},6, mais il est certain que, si l'on veut atteindre des rendements industriels supérieurs à ceux que l'on réalise actuellement, il faudra en arriver à l'emploi de disques de 0^{mm},1 à 0^{mm},2.

» Cette question de l'épaisseur des disques est absolument capitale et mérite d'attirer tout particulièrement l'attention des constructeurs.

» Beaucoup de constructeurs, en effet, sont obligés, pour combattre les effets d'échauffement dus à l'emploi de disques trop épais, d'étudier et de ménager des moyens tout particuliers de ventilation, qu'il leur serait très facile d'éviter en employant simplement des disques plus minces, qui seuls permettent de diminuer à la fois et la cause et l'effet.

» Les résultats obtenus par M. Marcel Deprez dans ses expériences de Creil trouvent leur explication complète dans le fait de l'emploi d'anneaux bipolaires à trop grand développement, constitués par des tôles trop épaisses et recouverts de quantités de fil trop considérables. Nous avons pu voir de près ces machines et constater que les anneaux étaient constitués par des pièces de tôle de 2^{mm},5 et que l'épaisseur de l'enroulement à l'extérieur de l'anneau atteignait presque celle du noyau de fer. Dans ces conditions, l'échauffement des tôles de fer était si rapide qu'il suffisait d'une heure au plus de fonctionnement pour atteindre une température à laquelle aucun isolant ne résistait.

» En résumé, l'échauffement de l'enroulement induit des machines à anneau et à tambour dépend non seulement de la chaleur

dégagée par le passage du courant induit, mais encore de celle qui est due aux courants de Foucault et qui peut varier considérablement avec l'épaisseur des disques. Il est donc absolument insuffisant de donner, comme on le fait dans les formulaires, des coefficients qui ne dépendent que de la vitesse de déplacement de l'enroulement induit, de sa surface extérieure et de la quantité de chaleur engendrée par le passage du courant.

» *Denture des noyaux de fer induits.* — Reprenant la forme d'induit à dents inventée par Pacinotti et qui seule permet, avec l'emploi du cuivre comme métal induit, de réduire les résistances d'entrefer, plusieurs constructeurs sont parvenus à réaliser des économies très réelles, soit sur le cuivre, soit sur l'excitation des inducteurs.

» Mais les induits à denture de fer donnent lieu à une perte d'énergie accompagnée d'un son musical très intense qu'il importe de signaler.

» Nous avons vu que les flux de force créés par la circulation induite se fermaient directement par les coquilles des pièces polaires. Il en résulte que chaque dent qui s'approche ou qui s'éloigne de ces coquilles fait varier la résistance du circuit magnétique *mnopq* et, par conséquent, la valeur du flux de force qui traverse ce circuit. On observe en effet un échauffement des pièces polaires qui, ainsi que nous avons pu le constater nous-même à l'aide d'une pince thermo-électrique sur une machine *Phoenix* de MM. Paterson et Cooper, est très nettement limité aux coquilles et particulièrement aux cornes de ces coquilles. En arrêtant rapidement la machine, la pince nous a permis de constater une température de 127° sur les extrémités des pièces polaires et de 88° sur la partie saillante de la denture de l'anneau.

» La localisation très nette de la chaleur développée dans les masses polaires montre donc que la denture ne fait pas varier sensiblement la résistance du circuit magnétique inducteur.

» On a essayé de diminuer cette perte supplémentaire d'énergie, soit en feuilletant, comme le fait M. Rechniewski, le système inducteur tout entier, ce qui n'est pas nécessaire comme nous venons de le voir, soit en feuilletant seulement les coquilles, comme l'ont fait MM. Paterson et Cooper, dans leurs premiers types *Phoenix*, soit

enfin en employant des dents aussi fines et aussi nombreuses que possible, comme le font MM. Ganz et C^{ie}, de Buda-Pesth.

» Dans l'état actuel des choses, il n'est guère possible de dire si les machines ainsi constituées sont plus économiques de construction et ont un rendement industriel supérieur aux types ordinaires. Il faut espérer que les expériences dynamométriques qui seront faites à l'Exposition de 1889 nous fixeront sur ce point capital.

DENSITÉ DE COURANT.

» Nous avons vu plus haut que l'utilisation spécifique du métal induit est proportionnelle à la densité de courant qui le traverse.

» Dans les machines à anneau ou à tambour, l'échauffement des disques s'oppose à ce qu'on puisse dépasser des densités de courant supérieures à 4 ampères par millimètre carré et même 3^{amp}, 5 dans les dynamos de très grandes dimensions.

» Dans les machines à disque, la suppression du fer a permis de doubler cette densité dans les fils induits; mais il importe de remarquer que la forme géométrique de l'induit de ces machines a pour conséquence inévitable d'augmenter notablement la *résistance électrique* de l'enroulement.

» En effet, l'enroulement d'un induit à disque n'est pas autre chose qu'un enroulement à tambour dont les éléments actifs sont dirigés suivant les rayons d'un disque, au lieu d'être dirigés suivant les génératrices d'un tambour. Il résulte de là que, si la résistance des fils-raccords de la couronne intérieure d'un induit à disque a sensiblement la même valeur que celle d'une des calottes d'un induit à tambour de même diamètre que cette couronne, celle des raccords de la couronne extérieure est, pour une même longueur des fils actifs, nécessairement beaucoup plus grande.

» D'autre part, il est évident que l'on a un intérêt majeur à faire travailler le plus de cuivre possible dans les entrefers. Dans les machines à disque la disposition radiale des éléments induits produit des vides inévitables, ce qui réduit le volume du cuivre traversant les entrefers et l'utilisation des champs de force.

» Aussi l'expérience montre-t-elle que le *rendement électrique* de ces machines est très faible et que la perte la plus grande d'énergie a précisément lieu dans l'enroulement induit. Il est facile de

s'en convaincre en se reportant aux chiffres que nous avons donnés sur le type de 16000 watts de M. Desroziers.

» En résumé, on voit que la grande résistance interne des induits à disque s'opposera toujours à ce qu'on puisse réaliser avec eux des *rendements industriels* supérieurs à ceux obtenus avec les induits ordinaires à anneau ou à tambour, et que, si l'on veut atteindre des rendements industriels de 85 à 87 pour 100, il faudra absolument renoncer aux densités de courant de 6 et 8 ampères par millimètre carré que les dynamos à disque permettent d'atteindre, et en revenir aux densités ordinaires de 4 ampères par millimètre carré.

VITESSE.

» Il nous reste à examiner maintenant l'influence des vitesses sur le rendement industriel et l'utilisation spécifique de la matière.

» Nous avons vu que l'utilisation spécifique du métal induit était proportionnelle également à la vitesse de déplacement de ce métal dans les champs de force.

» Dans une intéressante Conférence, faite le 11 décembre 1888 à la Société internationale des Électriciens, *Sur la vitesse de rotation des machines dynamos*, M. Ch. Reignier s'est attaché à démontrer qu'avec des frettes convenables en fil d'acier (corde à piano), on pouvait atteindre avec sécurité des vitesses de 40^m par seconde, bien supérieures aux vitesses de 10^m à 15^m généralement employées dans la pratique. M. J. Rey, qui faisait une Conférence le même jour sur le *Turbo-moteur et la dynamo Parsons*, fit connaître que les dynamos de M. Parsons fonctionnaient couramment avec des vitesses de 70^m à 80^m par seconde, le frettage des induits étant simplement constitué par un fil d'acier roulé et soudé.

» Est-il industriel et économique d'atteindre de pareilles vitesses? C'est ce que nous allons examiner.

» Et d'abord, il ne faudrait pas croire que le *rendement industriel* d'une dynamo augmente indéfiniment avec la vitesse.

» Nous avons eu l'occasion de faire quelques essais sur une dynamo type Raffard, à inducteurs en fonte et employée comme réceptrice. L'anneau de cette dynamo était constitué par 200 disques de tôle ayant 220^{mm} de diamètre extérieur et une épaisseur de $\frac{6}{10}$ de millimètre.

» L'enroulement se composait de 720 tours de fil $\frac{16}{10}$, formant 60 sections.

» La résistance totale de la machine était de 1185 ohms. Les mesures des puissances mécaniques développées ont été effectuées avec la balance dynamométrique de M. Raffard, dont l'emploi est à la fois si commode et si précis. Les résultats d'expérience sont consignés dans le Tableau III :

TABLEAU III.

Vitesse angulaire en tours par minute V.	Poids sur le frein en kilogr. K.	Force électro- motrice aux bornes en volts E.	Intensité du courant en ampères I.	Puissance		Rendement	
				mécanique développée	électrique aux bornes	électrique	industriel
				$P_m = \frac{V \times K}{2 \times 60}$	$P_e = \frac{EI}{9,81}$	$\frac{E - IR}{E}$	$\frac{P_m}{P_e}$
900	10	100	10	75	98,1	0,882	0,765
902	10	100	10	75,1	98,1	0,882	0,766
875	11	100	10,5	80,3	107	0,876	0,75
865	12	100	11,3	86,5	115,1	0,866	0,752
863	12	100	11,3	86,3	115,1	0,866	0,750
795	15	100,3	13	99,3	132,5	0,846	0,746
754	16	100	13,3	100,5	135,6	0,842	0,742
690	20	101	15	115	154,5	0,822	0,746
1820	8	194	10,5	121,3	208	0,951	0,584
1840	8	196	10,5	122,6	210	0,952	0,584
1828	10	190	11,2	152	217	0,938	0,700
1530	12	176	12	153	215	0,919	0,713
1720	12	198	12	172	242	0,928	0,711

» On peut remarquer, en consultant ce Tableau, que des puissances électriques sensiblement doubles, disponibles aux bornes de la dynamo, ne doublent pas la puissance mécanique recueillie et que les rendements industriels qui atteignent 76 pour 100 à la vitesse de 900 tours par minute tombent à 58 pour 100 pour une vitesse sensiblement double.

» La conclusion à tirer de ces expériences est qu'il existe dans les dynamos, ce qu'on sait d'ailleurs depuis longtemps, des pertes d'énergie croissant plus vite que la simple vitesse.

» En dehors de la perte d'énergie due à la circulation induite, les pertes d'énergie dans les machines dynamos sont d'origine mécanique et surtout électrique.

» Les pertes d'énergie dues à l'hystérésis sont proportionnelles à la vitesse, celles dues à la mise en court circuit par les balais des sections induites sont à peu près proportionnelles au carré de la vitesse, et enfin celles dues aux courants de Foucault, et qui sont de beaucoup les plus considérables, sont très sensiblement proportionnelles au carré de la vitesse.

» Toutes ces causes intervenant de plus en plus à mesure que la vitesse augmente, on conçoit aisément que le rendement brut tende vers un maximum. L'expérience montre en effet que, lorsqu'on fait croître progressivement la vitesse d'une dynamo, son *rendement industriel* augmente d'abord avec la vitesse, passe par un maximum, puis diminue indéfiniment.

» On peut donc dire qu'il en est des dynamos comme des machines à vapeur : ce ne sont pas celles qui tournent le plus vite qui sont les plus économiques, non seulement pour le consommateur, mais même pour le constructeur ; car les grandes vitesses imposent au consommateur l'installation de transmissions compliquées et parfaitement équilibrées et au constructeur des dispositions spéciales de graissage, un centrage très précis des pièces mobiles et de l'enroulement induit, enfin l'emploi de disques de tôle très minces, toutes choses qui augmentent notablement le prix de revient et peuvent même obliger le constructeur à dépenser en main-d'œuvre l'économie réalisée sur la matière.

» En résumé, toutes les machines dynamos, quels qu'en soient le système et le principe, sont également bonnes, pourvu qu'elles soient également bien établies.

» Les meilleures ne seront pas celles qui auront les champs magnétiques les plus élevés, les densités de débit les plus grandes, ni les vitesses de rotation les plus considérables, mais celles dans lesquelles tous ces facteurs seront judicieusement proportionnés par le constructeur. »

M. le Président remercie M. R. Arnoux.

CORRESPONDANCE.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

Mon frère et moi, nous venons de réunir en collections les travaux de mon père.

Nous avons pensé que la *Société internationale des Électriciens* devait, en souvenir de son ancien Vice-Président, recevoir une de ces collections, que nous nous faisons un plaisir d'offrir à nos Collègues.

Veuillez recevoir, etc.

G. TRESCA.

En réponse à cette Lettre, M. le Président s'est empressé de transmettre, au nom de la Société, l'expression de ses remerciements à MM. Alfred et Gustave Tresca.

Saint-Louis, 25 février 1889.

MONSIEUR,

J'ai l'honneur de vous informer que les Directeurs du Palais d'Exposition et de Musique de Saint-Louis prennent des dispositions en vue d'une grande exposition d'Électricité qui aura lieu à Saint-Louis (Mo. U. S. A.), à partir du 4 septembre 1889, pendant une durée de six semaines. Cette idée a été accueillie dans le pays et à l'étranger avec une faveur qui en garantit le succès. Il a été décidé qu'on réserverait des espaces étendus pour les exposants étrangers, et qu'on ne leur demanderait *aucune redevance*, ni pour les emplacements qu'ils occuperont, ni pour la force motrice dont ils pourront avoir besoin. Leurs expositions seront confiées à la garde du Directeur général sans qu'il leur en coûte rien.

On a aussi engagé des pourparlers en vue d'obtenir une réduction à moitié du fret habituel. Enfin, on fera tout ce qui sera possible pour vendre les objets exposés au prix qui aura été fixé par les expéditeurs, et cela pendant la durée même de l'Exposition, et sans aucune commission, livrables en fin d'Exposition.

A côté des bâtiments d'exposition sont deux magnifiques salles pouvant recevoir, l'une cinq mille et l'autre quinze cents auditeurs; MM. les exposants qui voudraient expliquer l'emploi de leurs appareils électriques auront à leur disposition l'une de ces salles, toute éclairée, chauffée, et avec le service nécessaire.

Vous ne pourrez manquer d'apprécier l'importance d'une exposition universelle ainsi tenue dans une ville centrale des États-Unis, où elle sera visitée par les principaux citoyens des pays compris entre le Pacifique et l'Atlantique, le Canada et le golfe du Mexique.

Je vous prie de me faire connaître par retour du courrier, et aussi exactement que possible, la nature de votre exposition, l'espace et la puissance motrice qui vous seront nécessaires.

Nous vous serons obligés de nous faire prompte réponse.

DAVID-J. HARRIS,

*Directeur général
de l'Exposition universelle d'Électricité
de Saint-Louis.*

A la Société internationale des Électriciens, à Paris.

Le Conseil de la Société Impériale Polytechnique de Russie a l'honneur de porter à la connaissance de la Société qu'à l'occasion du cinquantième de la découverte de la Galvanoplastie par l'académicien russe Jacobi, et en vue de favoriser le développement des connaissances sur l'importance de cette découverte et sur la multiplicité de ses applications, sera organisée à Saint-Pétersbourg, par les soins de ladite Société, et au commencement du mois de mars de cette année, une Exposition commémorative de Galvanoplastie, suivie d'une série de conférences sur ce sujet.

Désirant convier à cette fête de la Science ses représentants les plus illustres en Europe, le Conseil de la Société Impériale Polytechnique de Russie a l'honneur de prier la Société de vouloir bien s'associer à lui pour célébrer la mémoire du célèbre inventeur Jacobi, et de lui apporter son concours éclairé, qui ne pourra qu'assurer le succès de l'Exposition et des conférences.

L'ouverture de l'Exposition aura lieu le 3/15 mars de cette année.

Le Président de la Société,
P. KOTSCHOUBEY.

Le Secrétaire,
V. SZEZNEVSKY.

BIBLIOGRAPHIE.

L'Électricité à la maison, par JULIEN LEFÈVRE, professeur à l'École des Sciences de Nantes. Paris, 1889, in-16, avec figures; J.-B. Baillière et Fils.

Ce petit Volume continue la série intéressante des Ouvrages de la *Bibliothèque des connaissances utiles*, publiée par les soins de la librairie J.-B. Baillière et Fils. Il est consacré aux applications usuelles et domestiques de l'Électricité, et destiné à faire connaître les emplois maintenant si variés de cet agent prompt et commode, et les ressources qu'il met facilement à la disposition de tous.

Le lecteur y trouvera non seulement la description des générateurs d'électricité,

piles et machines, ainsi que les divers modes d'éclairage électrique, mais aussi le détail des nombreux appareils accessoires qui accompagnent une installation de lumière électrique.

L'auteur passe ensuite en revue les horloges, les sonneries électriques, les avertisseurs de tous genres, dont le nombre s'est beaucoup accru ces dernières années, ainsi que les principaux systèmes téléphoniques et microphoniques. Le transport de l'énergie, le chauffage par l'électricité, les paratonnerres et un Chapitre amusant sur les récréations électriques, bijoux et appareils divers d'exploration ou d'étude terminent ce Livre, que l'on parcourra avec plaisir et sans fatigue.

Traité pratique d'Électricité industrielle, par E. CADIAT et L. DUBOST.

3^e édition (Baudry et C^{ie}).

La troisième édition de cet Ouvrage, auquel le public a fait un accueil si favorable, a subi d'importantes modifications par rapport aux précédentes.

Le Chapitre consacré aux mesures a été considérablement réduit, mais les descriptions d'appareils et d'installations récents et présentant un intérêt réel y figurent en détail. Les auteurs insistent aussi sur les usines centrales de distribution électrique.

Il est seulement fâcheux que quelques erreurs, qui figuraient dans la première édition, n'aient pas disparu encore dans la nouvelle. Particulièrement en ce qui concerne l'induction, on regrette de lire que « la durée du courant induit est égale à celle du mouvement qui lui donne naissance : elle est donc infiniment petite » ! et, un peu plus loin, que « les courants induits, étant des mouvements d'électricité comme les courants ordinaires, doivent être produits par une différence de potentiel ». Le reste de ce paragraphe 43 est d'ailleurs complètement erroné.

Nous ne relevons ces petites inexactitudes que dans l'espoir de voir les auteurs nous donner rapidement une quatrième édition qui méritera pleine approbation.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

BANDSEPT (Albert). *L'Électricité au grand Concours de Bruxelles. Notice sur le Concours* 47. 1 petite broch. in-8; Bruxelles, Imprimerie des Travaux publics, 1889. (Don de l'auteur.)

CADIAT (E.) et DUBOST (L.). *Traité pratique d'Électricité industrielle*, 3^e édition. 1 fort vol. in-8; Paris, Baudry et C^{ie}, 1889. (Don de M. L. Dubost.)

HOSPITALIER (Édouard). *Les compteurs d'énergie électrique*. 1 fascicule in-8; Paris, G. Masson, 1889. (Don de l'éditeur.)

LEDIEU (A.). *Étude sur les bateaux sous-marins*. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*.) (Don de l'auteur.)

LEFÈVRE (Julien). *L'Électricité à la maison*. 1 vol. in-8; Paris, J.-B. Bail-
lière et Fils, 1889. (*Don des éditeurs.*)

TOMMASI (Dr D.). *Traité théorique et pratique d'Électrochimie*. 1^{er} fasci-
cule; Paris, Bernard et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)

TRESCA (Œuvres de M. Henri) :

Vol. I. — *Notices sur les travaux scientifiques de M. H. Tresca :*

Discours prononcés aux obsèques de M. H. Tresca ;

Discours divers prononcés par M. H. Tresca ;

Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences relatifs à
l'écoulement des corps solides ;

Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences : Notes de
M. de Saint-Venant relatives à la même question ;

Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences relatifs à
des questions de résistance des matériaux ;

Extraits des Comptes rendus de l'Académie des Sciences. Mémoires
divers.

Vol. II. — *Notes diverses sur la résistance des matériaux.*

Vol. III. — *Notes diverses sur l'écoulement des corps solides.*

Vol. IV. — *Mémoire sur le rabotage.* (Extrait du *Recueil des Savants*
étrangers.)

Vol. V. — 24 *Rapports, Discours et Communications faits à la Société*
d'Encouragement pour l'Industrie nationale.

Vol. VI. — *Rapports et Conférence sur l'enseignement technique.*

Vol. VII et VIII. — *Procès-verbaux des expériences de Mécanique faites*
au Conservatoire des Arts et Métiers de 1861 à 1876. (Extraits des *An-*
nales du Conservatoire.)

Vol. IX. — *Rapports Expositions universelles 1867-1873.*

Vol. X. — *Cours d'Hydraulique professé à l'École centrale des Arts et*
Manufactures.

Vol. XI. — *Cours de Géométrie descriptive.*

(*Don de MM. Alfred et Gustave Tresca.*)

THE ELECTRICIAN ELECTRICAL TRADES DIRECTORY pour 1889, publié par le jour-
nal *The Electrician*, de Londres. 1 vol. (*Don du journal The Electrici-*
cian.)

Publication périodique.

ANALES DE LA ELECTRICIDAD, publiées par M. A. Suarez-Saavedra, Directeur
de Section des Télégraphes, à Barcelone (Espagne).

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

La *quarante-cinquième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 1^{er} Mai 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ANNUELLE

ET

RÉUNION MENSUELLE

du Mercredi 3 Avril 1889.

PRÉSIDENTE DE M. P. LEMONNIER.

La séance est ouverte à 8^h30^m.

M. le Président invite les Membres présents à effectuer dans les urnes le dépôt de leur bulletin de vote pour le renouvellement partiel du Comité d'Administration (art. 5 des statuts).

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 180), et des dons suivants faits au Laboratoire central d'Électricité :

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES DE BELFORT : 1 ampèremètre et 1 voltmètre industriels.

MM. ROUSSEAU et POLLAK : 5 accumulateurs Pollak.

Des remerciements sont adressés aux donateurs.

La Réunion est informée que, d'après un avis parvenu au Secrétariat, M. P. Marcillac, Délégué général de la Société dans les Bouches-du-Rhône, vient d'être nommé chevalier de la Couronne d'Italie.

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Joly (Édouard-Léon), Chef de bataillon du Génie, Chef du Dépôt central de la Télégraphie militaire, 19, rue Boislevant, à Paris-Passy. — Présenté par MM. Henri Ménier et P. de Branville.

Selby Bigge (Davis Lewis), Ingénieur électricien, attaché à la maison Clarke, Chapman, Parsons et C^e, 58, Westmoreland Road, Newcastle (Angleterre). — Présenté par MM. F. de Nerville et W^m Dierman.

Vincent (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Rédacteur du *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 25, rue de Navarin, à Paris. — Présenté par MM. P. Thiercelin et A. Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

M. le Trésorier expose la situation financière de la Société au 31 mars 1889 et présente le projet de budget pour l'exercice courant (voir p. 181 et 182).

RAPPORT DE LA COMMISSION CHARGÉE DE VÉRIFIER LES COMPTES DE LA SOCIÉTÉ.

M. L. BORDET, Rapporteur. — « Messieurs, au nom de la Commission que vous avez nommée dans votre dernière réunion, j'ai l'honneur de vous présenter un Rapport sur les comptes établis par M. le Trésorier et arrêtés au 31 mars dernier.

» Les recettes effectuées depuis le 1^{er} avril 1888 se sont élevées à 36 894^{fr}, 73. Les dépenses ont été de 32 599^{fr}, 09, laissant ainsi pour l'exercice un excédent de 4 295^{fr}, 64.

» Il convient toutefois de remarquer qu'une recette de 5 589^{fr}, 90 n'est qu'une rentrée de créances remontant à des exercices antérieurs et, par conséquent, n'offre pas un caractère normal.

» Le recouvrement des cotisations s'est effectué dans des conditions satisfaisantes ; les retards qui se produisent n'ont en effet rien de surprenant si l'on tient compte des difficultés considérables que

présente l'encaissement d'un grand nombre de petites sommes, en province et surtout à l'étranger. C'est seulement par des efforts persévérants qu'on arrivera à améliorer ce service.

» Les dépenses sont restées exactement dans les limites indiquées au budget qui vous avait été soumis lors de votre dernière Assemblée générale; il n'y a d'exception que pour une somme de 75^{fr} employée en vue de l'Exposition universelle de 1889, mais cette dépense se justifie suffisamment par sa nature même.

» Conformément à l'art. 11 des Statuts, les sommes reçues à titre de rachats de cotisations ou de dons sans destination spéciale, qui se sont élevées pendant l'exercice à 2080^{fr}, ont été placées en obligations de chemins de fer.

» Le fonds social est représenté maintenant par 47 obligations Paris-Lyon-Méditerranée, ayant coûté 18657^{fr}, 30, somme sensiblement inférieure à leur valeur vénale actuelle.

» Les sommes disponibles au 31 mars vont permettre de nouveaux placements, qui augmenteront encore un peu ce patrimoine de la Société destiné à assurer l'avenir.

» L'examen des écritures nous a fait remarquer quelques inconvénients résultant de la façon dont les situations financières ont été établies jusqu'ici. Dans chaque Assemblée générale, en effet, on vous présente un compte comprenant la période qui s'étend du 1^{er} avril de l'année précédente au 31 mars. Or les cotisations, qui forment la ressource presque unique de la Société, s'appliquent à l'année allant du 1^{er} janvier au 31 décembre; il en est de même pour la plupart des articles de dépense. Cela introduit dans les écritures une certaine complication qui nuit beaucoup à la clarté et rend le contrôle moins facile. Cela empêche de plus tout rapprochement exact entre les recettes et les dépenses qui se correspondent.

» Nous croyons donc, et M. le Trésorier ne fait aucune objection à notre manière de voir, qu'il y aurait lieu de renoncer à un usage qui ne résulte d'aucune disposition statutaire ou réglementaire et d'arrêter dorénavant les comptes au 31 décembre de chaque année, comme cela se fait ordinairement dans les sociétés analogues à la nôtre.

» En terminant, Messieurs nous vous demandons de remercier

avec nous M. le Trésorier pour le soin et le dévouement qu'il apporte dans l'accomplissement de sa mission. Nous vous proposons d'ailleurs d'approuver le compte qu'il vous a présenté et dont nous avons reconnu la complète exactitude. » (*Applaudissements.*)

L'Assemblée approuve les comptes qui lui sont soumis et vote des remerciements à M. le Trésorier.

M. LE PRÉSIDENT. — « Messieurs et chers Collègues, la réunion d'aujourd'hui est celle qui met fin aux pouvoirs que vous avez bien voulu me confier. Avant de les transmettre, je veux, selon l'usage, passer rapidement en revue, avec vous, les événements de l'année qui vient de s'écouler.

» Remplissant d'abord un pieux devoir, je rappellerai le souvenir de ceux de nos Collègues que la mort nous a enlevés.

» Quatorze, cette année, depuis le 1^{er} avril 1888 :

SIR CHARLES BRIGHT, ancien Président de la Société des Ingénieurs télégraphistes et électriciens anglais.

Le Dr BROCH (O.-J.), Directeur du Bureau international des Poids et Mesures.

CABANELLAS (Gustave), ancien Officier de Marine, Receveur particulier des Finances.

CLAUSIUS (R.), Conseiller intime, Professeur de Physique à l'Université de Bonn.

EDARD (G.), Professeur de Physique.

GAULARD (Lucien), Ingénieur électricien.

HOMANS (Harry-S.), Directeur pour l'Europe de la Compagnie d'assurances sur la vie « La New-York ».

JARRIANT (Benoît), Constructeur électricien, ancien Président de la Chambre syndicale des Entrepreneurs de sonneries électriques.

LEVY-BING (L.), Orientaliste.

NEUJEAN (Alexandre), Ingénieur chimiste, Délégué de la Belgique au Congrès international des Électriciens de 1881.

RICHARD (Maurice), ancien Ministre.

ROUSSILHE (Maric-Louis), Pharmacien.

TROTTIER (Henri), Directeur de l'usine à gaz d'Angers.

VISSIERE (Lucien), Ingénieur Électricien.

Liste funèbre toujours trop longue.

» Celui qui tient la place la plus considérable est parmi les membres étrangers.

» *Rodolphe Clausius*, né le 12 janvier 1822, à Cöslim, en Poméranie, est mort à Bonn, le 24 août 1888; à 66 ans il terminait sa longue et laborieuse carrière comme professeur de Physique et doyen de l'Université de Bonn.

» Son œuvre scientifique est de l'ordre le plus élevé : sa *Théorie mécanique de la chaleur* (1864) le range parmi les grands physiciens du siècle; son nom est devenu inséparable de celui de Carnot.

» En Électricité, dès 1867, son second Volume du *Traité mécanique de la chaleur* est presque entièrement consacré aux applications électriques.

» En 1884, il produisait une étude mathématique des plus remarquables sur les dynamos, et, si toutes les idées théoriques qu'il a émises à cette époque n'ont pas été confirmées depuis, il n'en reste pas moins un exposé des plus clairs des phénomènes de self-induction d'une machine dynamo.

» En 1881, il fut au Congrès international des Électriciens un des représentants de l'empire d'Allemagne; il fit également partie de la Commission des unités électriques, et tout le monde a encore présent à l'esprit le rôle important qu'il y a joué.

» Notre Société doit s'honorer de l'avoir compté dès la première heure parmi ses membres. Clausius était Correspondant de l'Académie des Sciences depuis 1865, et officier de la Légion d'honneur.

» *Sir Charles Bright*, décédé en mai 1888, à l'âge de 56 ans, avait représenté l'Angleterre comme Commissaire à l'Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881; il a pris part également, au même titre, au Congrès international des Électriciens, et, dans la Commission des lignes télégraphiques, il a apporté les lumières de sa grande expérience.

» En 1887, il était appelé à la présidence de la Société des Ingénieurs télégraphistes et des Électriciens de Londres, juste récompense et suprême honneur accordés à celui dont l'existence avait été, presque dès l'adolescence, liée à la création et au développement de la télégraphie électrique en Angleterre. Il avait 20 ans quand, en 1853, il posa le premier câble entre l'Angleterre et l'Irlande; c'est

encore lui qui, en 1858, immergea le premier câble transatlantique entre l'Angleterre et les États-Unis.

» Cet ingénieur éminent a pu rappeler, en 1881, qu'il avait dirigé la pose de plus de dix mille milles de câbles.

» Ce sont là des titres qui assurent à son nom une juste célébrité.

» Sir Charles Bright était officier de la Légion d'honneur et membre de notre Société depuis sa fondation.

Le *D^r Broch* (O.-J.), né le 24 janvier 1818, à Friedrikstad (Norvège), est mort le 5 février 1889, à Sèvres, en France; il y dirigeait le Bureau international des Poids et Mesures, faisant de leur unification la grande œuvre de la fin de sa vie.

» Des voix plus autorisées que la mienne ont dit, il y a quelques jours, ses multiples travaux.

» On est saisi d'admiration en présence du tableau de cette belle vie si bien employée dans tant de branches diverses de l'activité humaine, et, dans toutes, Broch, par sa valeur personnelle, y a été porté au premier rang.

» D'abord mathématicien, il devint professeur à l'Université de Christiania. Économiste hygiéniste, il fonda dans son pays un grand nombre d'établissements d'utilité publique, et, en quelques semaines, il écrivait un Ouvrage devenu classique : *La Norvège et le peuple norvégien*. Homme politique, il fut ministre de la Marine et des Postes, puis constamment chargé de diriger les missions que la Norvège envoyait aux Expositions et aux Congrès internationaux. C'est à ce titre qu'il fit partie du Congrès international des Électriciens en 1881; ses connaissances toutes spéciales des questions de mesure furent du plus grand secours à la Commission des unités électriques, dont il était membre.

» C'est à cette occasion et à cette époque qu'il entra dans notre Société.

» Sa mort a été un deuil pour son pays et aussi pour la France, où son caractère loyal et courageux, sa bonté, sa bienveillance aimable, lui avaient acquis des amis nombreux et fidèles; nous nous sommes associés à leurs sentiments, le *D^r Broch* étant un de nos plus anciens sociétaires et aussi un de nos plus éminents; il était grand officier de la Légion d'honneur et Correspondant de l'Institut.

» *Gaulard (Lucien)* est mort à Paris, le 26 novembre 1888, à l'âge de 38 ans. Cette carrière s'est terminée dans des circonstances dont vous avez conservé le souvenir émouvant; depuis un an la maladie cérébrale qui l'a emporté avait obligé de lui chercher un refuge à l'asile Sainte-Anne, et aussi ses modestes ressources; en même temps l'invention de sa vie, ses générateurs secondaires, prenait, en Amérique, par la Compagnie Westinghouse, un essor industriel considérable; le contraste était poignant.

» Gaulard n'était pas un savant, c'était un voyant : il appartenait à cet âge héroïque de l'Électricité, âge qui passe, et pendant lequel nous avons vu les plus grandes inventions électriques sortir tout d'une pièce du cerveau de génies que la Science n'avait pas d'abord cultivés.

» C'est de chimiste que Gaulard est devenu électricien : il s'était occupé pendant longtemps de la fabrication des composés explosifs. A l'Exposition internationale d'Électricité de 1881, il présenta une pile thermochimique : c'était évidemment le passage, car dans les deux années qui suivirent, 1882 et 1883, il réalisa son générateur secondaire.

» En octobre 1883, il éclairait, à Londres, sur une longueur de plusieurs kilomètres, diverses stations du Métropolitain, d'une manière continue et avec plein succès.

» L'année suivante, à l'Exposition de Turin, en 1884, il apportait à son système un complément important, son régulateur d'intensité du courant primaire; il concourut pour le grand prix et l'obtint à la suite d'expériences prolongées. Ces expériences constatèrent, d'une part, le rendement élevé du système et, de l'autre, que les appareils supportaient sans inconvénient un fonctionnement prolongé.

» Permettez-moi de m'arrêter un instant à cette période de sa vie : c'est celle des grandes angoisses, mais c'est aussi celle du triomphe; il n'en a pas été de même plus tard : il a retrouvé les épreuves, mais n'a pas atteint les compensations auxquelles il avait droit. L'expérience de Turin et de Lanzo est mémorable et fait date.

» Sur un parcours de 40^{km}, c'est la distance qui sépare Turin de Lanzo (80^{km} aller et retour), Gaulard avait produit la lumière électrique dans les appareils les plus divers.

» Au point de départ, à l'Exposition de Turin : 9 lampes Bernstein, 9 lampes Swan, 1 lampe Soleil.

» A la gare de Turin : 34 lampes Edison de 16 bougies, 48 lampes de 8 bougies, 1 lampe à arc de Siemens.

» A la station de Venaria : 2 lampes Siemens.

» A la station de Lanzo, à l'arrivée : 9 lampes Bernstein, 16 lampes Swan, 1 lampe Soleil, 2 lampes à arc.

» Tous ses foyers fonctionnaient ensemble et indépendamment les uns des autres.

» La ligne était d'un fil de bronze chromé de $\frac{37}{10}$ de millimètre de diamètre et supporté sur les poteaux télégraphiques du chemin de fer ; elle avait été gracieusement prêtée à Gaulard par M. Mouchel : il en était de même de la plupart des lampes, mises à sa disposition par les Sociétés Edison et Crompton, de Milan.

» Gaulard fit seul ses installations et dans un temps très court : au dernier moment, à celui des essais, il fut aidé simplement par un seul employé qui vint exprès de Londres ; il fit face à toutes les difficultés d'une pareille installation. La réussite fut complète et la sensation à Turin considérable, si bien que, quoique le programme posé ne fût pas complètement rempli, un prix de 10 000^{fr} lui fut décerné.

» C'est qu'en effet, en 1884, jusqu'à ce jour, pareille distribution de lumière n'avait été faite.

» Là, à Turin, avec son caractère expansif, enthousiaste, sans aucune méfiance, Gaulard, plein de son œuvre, des modifications qu'il cherchait, qu'il trouvait, n'avait de secret pour personne ; c'était pour ainsi dire en public qu'il travaillait ; moins confiant, il se fût épargné dans l'avenir bien des amertumes.

» Je n'insisterai pas davantage sur ses travaux, bien que plus tard Gaulard eût fait encore, comme ingénieur, l'installation de Tours, par exemple, la préparation de l'introduction de son procédé aux États-Unis, d'où il nous revient après avoir pris un développement merveilleux que le malheureux Gaulard a à peine entrevu.

» Quoi qu'il en soit, c'est bien à lui que revient tout l'honneur de l'invention de la distribution de l'énergie électrique à grandes distances par l'emploi des courants alternatifs et des transformateurs.

» D'une expérience de laboratoire, il a tiré une méthode et des moyens d'une application industrielle les plus féconds. (*Applaudissements.*)

» *Cabanellas (Gustave)* n'avait que 49 ans lorsque, le 10 octobre 1888, il a été enlevé par une maladie aiguë à l'affection de sa famille et de ses amis, nombreux parmi nous.

» Ancien officier de Marine, il avait pris sa retraite en 1879, étant capitaine de frégate et officier de la Légion d'honneur; ses travaux comme électricien lui avaient créé dans le corps qu'il quittait une situation en évidence. Plus libre de son temps, il s'adonna avec passion aux occupations de son choix : nous le vîmes souvent puiser sans beaucoup compter à ses modestes ressources pour créer des appareils d'expérimentation dont il avait besoin pour compléter ses études théoriques. Il était un précurseur : c'est ainsi qu'il fut dans les tout premiers fondateurs du journal *La lumière électrique*. Au Congrès de 1881, aussitôt que naît la question de la distribution de l'électricité, il prend une part active aux discussions et depuis, fidèle au sujet, il n'a cessé d'en être un champion convaincu : c'est ainsi qu'il a été conduit à la conception de son transformateur rotatif.

» A cause de son activité et de sa ténacité, son influence a été notable dans le mouvement électrique de ces vingt dernières années.

» La forme sous laquelle sa pensée s'enveloppait la rendait souvent difficile à saisir, et je suis persuadé que, dans l'avenir, on constatera que Cabanellas avait eu des aperçus sur bien des points dont l'importance avait d'abord échappé.

» Pour notre Société, il est un de ses réels fondateurs : dès la première heure, il a contribué à son développement; nous l'avons vu sans cesse prendre part à tous nos travaux, à toutes nos réunions, même lorsque d'autres occupations l'obligeaient à habiter loin de Paris, il revenait exprès pour nous apporter son concours. Aussi tenait-il dans notre Société une place que son absence laisse vide. (*Applaudissements.*)

» *Jarriant (Benôit)*, décédé le 28 mai 1888, était bien connu dans

le monde industriel de Paris par son activité, son esprit de suite et d'organisation; il avait été porté par la confiance de ses pairs à la présidence de la Chambre syndicale des Entrepreneurs de sonneries électriques, et il a rendu dans ce poste à sa corporation les plus grands services; il était également membre de la Chambre syndicale des industries électriques.

» Il fut d'abord un constructeur particulièrement habile à l'installation des paratonnerres, et, dans ces dernières années, il créa à Paris cette industrie des éclairages volants au moyen des accumulateurs.

» *Trottier (Henri)*, décédé le 25 juillet 1888, à l'âge de 76 ans, ingénieur et administrateur distingué, ancien élève de l'École des Arts et Métiers, dirigeait à Angers l'usine à gaz; esprit ouvert et libéral, il suivait les travaux de notre Société avec le plus grand intérêt; il avait conquis dans sa région une situation qui ne s'acquiert que par les plus hautes qualités. Les regrets qui ont accompagné sa fin et auxquels nous nous sommes joints en sont un témoignage.

» *Vissière (Lucien)*, ingénieur, décédé en juin 1888, à Marseille. Il avait rempli d'abord à la Société Edison, à Paris, des fonctions dans lesquelles ses connaissances étendues avaient été appréciées; dans ces dernières années, il a puissamment contribué au développement de l'éclairage électrique à Marseille, et dans cette région du midi de la France qu'il habitait.

» C'est à notre grand regret qu'il nous faut garder le silence sur les travaux des autres membres disparus. Mais les renseignements suffisants nous manquent pour en parler comme on le doit, et nos amis voudront bien nous en excuser.

» Le Rapport de notre Commission des comptes vous a édifiés sur notre situation financière; elle est satisfaisante, et il n'y aurait aucune sorte de préoccupation à avoir pour l'avenir, si, cette année, le nombre de nos nouvelles adhésions, 69, n'avait été quelque peu inférieur à celui des années précédentes: il en est résulté, ainsi que d'une application rigoureuse de notre règlement aux radiations devenues inévitables, une diminution de membres dans notre effectif; les rapports que l'Exposition va multiplier et faire naître com-

bleront bien au delà ce déficit; j'ai cru pourtant devoir le signaler à votre attention, car c'est beaucoup du zèle de chacun des membres que dépend le recrutement de notre Société.

» J'adresse nos remerciements à ceux de nos Membres qui ont bien voulu vérifier nos comptes et nous donner leurs utiles conseils; comme tous les ans, notre Collègue M. Gauthier-Villars, par sa bonne grâce, par sa générosité, a facilité la publication de notre Bulletin. Nous l'en remercions.

» Des Communications d'un grand intérêt ont occupé nos séances cette année.

» La question si importante et si actuelle des mesureurs industriels d'énergie a été traitée par M. Ed. Hospitalier; il avait réuni presque tous les types utilement employés, et il en a exposé la construction et le fonctionnement avec cette méthode et cette clarté que vous savez apprécier.

» M. Pellat nous montrait en même temps son électrodynamomètre absolu et son ampère étalon, ces instruments fondamentaux pour tout laboratoire qui doit graduer ou vérifier les appareils de mesure : ampèremètre, galvanomètre ou voltmètre.

» Dans une de nos dernières séances, M. le Dr d'Arsonval vous a montré cet instrument si ingénieux et si commode qu'il a justement nommé *galvanomètre universel apériodique*.

» Un sujet aussi d'un grand intérêt a été introduit et traité par M. Picou, dans sa Communication sur la définition et la mesure de l'isolement des installations industrielles; bien que MM. Vernes, Hospitalier, Arnoux, Hillairet aient pris la parole dans une courte discussion, la question n'a pas été épuisée, et elle a été reprise à la Société des Électriciens de Londres où elle est devenue le point de départ d'observations nombreuses et intéressantes.

» M. Cance, dans son exposé si complet de la belle installation privée de l'éclairage électrique dans les magasins du Bon Marché, nous a apporté des chiffres et des renseignements comparatifs qui ont été fort remarqués; ce n'est pas porter un jugement téméraire, en avançant que la Communication que veut bien nous faire aujourd'hui M. Vernes sur la station centrale qu'il a installée au Palais-Royal aura le don d'attirer votre attention.

» Enfin, sur le même sujet, mais agrandi et considéré à un autre

point de vue, M. Fontaine a fait passer sous vos yeux à grands traits l'organisation technique et administrative des moyens mis en œuvre pour l'éclairage de l'Exposition de 1889, par les soins d'un syndicat international d'exposants.

» Sur les dynamos, M. Desroziers nous a exposé les principes de sa très remarquable dynamo intensive ; des vues d'ensemble nous ont été présentées par MM. Arnoux et Reignier ; je n'aurai pas tout cité lorsque je vous aurai rappelé la Communication de M. Brivet sur les procédés d'électrométallurgie de Cowles, et les expériences curieuses et importantes qu'il a rapportées sur ces nouveaux alliages, bronze d'aluminium et ferro-aluminium ; ainsi que la Communication de M. J. Rey sur le turbomoteur et la dynamo Parson, celle de M. Chaperon sur la radiophonie chimique, celle de M. Weiss, sur la mesure de la résistance des tissus organisés.

» Notre *Bulletin* a également publié des Mémoires de valeur, parmi lesquels je rappelle les recherches de MM. Estaunié et Brylinski sur les courants téléphoniques, le Mémoire sur l'induction électromagnétique de MM. Ch. Reignier et P. Bary ; celui de M. Perrin sur la réalisation des diagrammes électriques en électrostatique.

» Il ressort de cette revision que notre Société n'a pas cessé d'être un centre très actif : on pourrait peut-être souhaiter que certaines études des applications de l'électricité y soient plus représentées ; il semble, par exemple, que les questions de téléphonie et de télégraphie devraient y tenir une place plus considérable et plus en rapport avec leur importance ; il faut espérer qu'il pourra en être ainsi à l'avenir.

» Le Laboratoire central d'Électricité, si heureusement créé par les soins de mes prédécesseurs, a continué d'être l'objet d'une sollicitude toute particulière ; la Commission qui l'administre a appelé M. Mascart, membre de l'Institut, à la présider. Je ne dois pas aujourd'hui détailler les travaux exécutés au Laboratoire pendant cette année : vous trouverez ces renseignements dans notre *Bulletin* mensuel ; il reproduit *in extenso* le Rapport que la Commission a fait à votre Comité sur la situation et les travaux du Laboratoire ; vous y verrez qu'aucun des principaux services prévus lors de la création de cette institution n'a été négligé.

» Les recherches scientifiques, l'expérimentation d'appareils industriels nouveaux, le complément d'études pour des jeunes gens pourvus d'une instruction scientifique suffisante, les vérifications d'appareils de mesures, leur étalonnement, enfin l'examen et l'étude d'appareils proposés pour les services publics ou privés ont été entrepris et menés à bonne fin. De tous ces travaux, ce sont ceux des deux dernières catégories qui ont pris le plus heureux développement. Nous avons vu nos industriels de Paris prendre l'habitude de venir soumettre au contrôle du laboratoire des matières, et y faire vérifier fréquemment leurs appareils de mesure; certains laboratoires de province appartenant à des services publics, mais insuffisamment outillés pour des vérifications spéciales, ont été heureux d'avoir recours aux bons offices du nôtre : on exécute en ce moment même des travaux de mesures particulièrement délicates pour l'Italie. Certains gouvernements étrangers ont prescrit que des acquisitions, faites en France, d'appareils électriques seraient sous la réserve expresse d'un contrôle rigoureux et officiel de leurs constantes, que votre Laboratoire était tout désigné pour fournir.

» En Angleterre, on prépare une institution analogue, et nous savons que par ses traits principaux le laboratoire projeté doit se modeler sur celui de notre Société : ce succès étendu justifie hautement les subventions importantes accordées largement par notre Société; il est le fruit des libéralités de nos généreux donateurs, auxquels nous adressons ici nos remerciements : sans les nommer tous, je croirais manquer à un devoir de reconnaissance si je ne rappelais que nous devons à M. Menier de jouir à des conditions presque gratuites d'un local vaste et commode, à MM. Weyher et Richemond de l'usage d'une excellente et puissante machine à vapeur moyennant la location de 1^{re} par an; à MM. Rouart, de l'installation d'une puissante machine à gaz à un prix fort réduit. A ces concours et à l'usage judicieux qu'a su en faire notre savant et dévoué Directeur, M. de Nerville, au zèle du personnel qu'il a groupé autour de lui, est due la notoriété naissante, mais déjà bien établie, de notre Laboratoire. Il a prouvé par ses travaux que son outillage spécial, en instruments et en opérateurs habiles, lui permet d'entreprendre des études et des vérifications d'appareils

électriques avec une sécurité et une promptitude qu'on chercherait vainement ailleurs. Quoique la situation de cette institution n'ait pas reçu, en ce qui regarde ses rapports avec l'État, sa forme définitive, et sans que d'ailleurs aucune difficulté de fonds ne s'y oppose, elle a dans cet état provisoire montré quelle était sa vitalité.

» Le côté scientifique n'a pas été non plus laissé de côté : en ce moment même, on se propose d'y reproduire les curieuses expériences du P^r Hertz, de Carlsruhe; il est probable que ce sera pendant l'Exposition un attrait de plus pour les savants et les membres du Congrès des électriciens qui viendront visiter notre laboratoire.

» Je terminerai, Messieurs, en vous disant ce que nous avons préparé pour l'Exposition en dehors de conférences-visites qui sont en préparation.

» Notre Société n'a pas oublié qu'elle devait sa naissance au premier Congrès international des Électriciens tenu en 1881, à l'occasion de l'Exposition d'Électricité; aussi, lorsqu'il a été question de l'Exposition de 1889, a-t-elle pris l'initiative de provoquer la réunion d'un Congrès semblable. Sa demande a été accueillie, et M. le Ministre, en nommant le Comité d'organisation, l'a choisi presque entièrement parmi les membres de notre Société. Ce Comité, désirant assurer la réussite de cette réunion, a porté à l'unanimité M. Mascart, mon prédécesseur, à sa présidence.

» C'est encore, à de rares exceptions près, aux soins de membres de notre Société qu'a été confié l'exposé de l'état des connaissances électriques, sorte de préambule des travaux du Congrès; enfin l'organisation administrative de notre Société est et sera à l'entière disposition du Congrès. Vous voyez, Messieurs, combien nos liens sont intimes, avec cette grande manifestation, il devait en être ainsi : c'était un devoir filial et un devoir patriotique; vous avez tenu à honneur de le remplir. Le Congrès de 1881 a été fécond en résultats; celui de 1889, avec un autre caractère, ne sera pas une œuvre moins grande et, sans aucun doute, notre Société, issue du premier Congrès, trouvera dans le second un renouvellement de ses forces et un accroissement de son importance. » (*Applaudissements unanimes.*)

Le vote étant clos, il est procédé au dépouillement du scrutin durant la Communication suivante.

M. A. VERNES fait sur *l'installation de l'éclairage électrique au Palais-Royal* une Communication qui sera publiée dans le prochain numéro du *Bulletin*.

M. le Président remercie M. Vernes et informe la Réunion que des cartes spéciales sont à la disposition des membres qui désirent visiter après la séance la station centrale pour l'éclairage électrique du Palais-Royal.

Le dépouillement du scrutin étant terminé, M. le Président proclame les résultats suivants :

Suffrages exprimés	375
Bulletin nul.....	1
Majorité.....	188

Sont élus :

PRÉSIDENT :		Nombre de voix obtenues.
MM.		
SEBERT (Colonel H.), Directeur du Laboratoire central de la Marine, Inspecteur des fabrications de l'Artillerie (Ministère de la Marine), <i>Vice-Président de la Société</i>		371
VICE-PRÉSIDENTS :		
CORNU (M.-ALF.), Membre de l'Institut.....		374
FONTAINE (HIPPOLYTE), Ingénieur électricien, Administrateur de la <i>Société des machines magnéto-électriques Gramme</i>		372
RAYMOND, Directeur de l'École professionnelle supérieure de Télé- graphie.....		373
SECRÉTAIRE GÉNÉRAL :		
PICOU (R.-V.), Ingénieur, <i>Membre du Comité</i>		373
SECRÉTAIRES :		
HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur.....		369
VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes.....		373
TRÉSORIER :		
DUMOULIN-FROMENT (P.), Constructeur électricien, <i>Trésorier sor- tant</i>		373
MEMBRES :		
AYLMER (JOHN), Ingénieur civil, Secrétaire honoraire pour la France de la <i>Société des Ingénieurs électriciens et télégraphistes de Londres</i>		369
BECQUEREL (EDMOND), Membre de l'Institut.....		374

MM.	Nombre de voix obtenues.
BOISTEL (ERNEST), Ingénieur, Directeur de la Société <i>l'Éclairage électrique</i>	364
BOUILHET (C.-H.), Ingénieur manufacturier.....	367
COMBEROUSSE (CH. DE), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École Centrale.....	373
DELAUNAY-BELLEVILLE (L.), Ingénieur-constructeur, Membre de la Commission Centrale des Machines à vapeur.....	371
DESROZIERS (E.), Ingénieur civil des Mines.....	366
GODRON (P.), Ingénieur en chef de la Marine, Directeur des constructions navales.....	373
LIÉBAUT (A.), Ingénieur, Président de la Chambre syndicale des Mécaniciens de Paris.....	373
LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne...	372
MONNIER (D.), Ingénieur.....	373
RAU (LOUIS), Administrateur de la <i>Compagnie continentale Edison</i> ..	361
SELIGMANN-LUI (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes.....	374
THENARD (Baron), Chimiste électricien.....	372
TROTIN (ÉMILE), Ingénieur des Télégraphes.....	373
VILLARD (TH.), Ingénieur, Président de la <i>Société centrale du travail professionnel</i>	367

M. P. LEMONNIER. — « Messieurs et chers Collègues, avant de quitter ce siège où vous m'avez fait l'honneur de m'appeler, honneur qui restera le plus grand de ma carrière industrielle, je veux vous exprimer mes sentiments de gratitude. La bienveillance que j'ai trouvée chez tous, anciens présidents, membres du Comité et Collègues de la Société, a singulièrement facilité ma tâche. Je remercie, en mon nom personnel et au nom de la Société, M. Seligman-Lui, notre Secrétaire général, du concours qu'il lui a donné, en regrettant que ses occupations personnelles ne lui aient pas permis de nous le continuer.

» Ce serait un oubli que je ne veux pas commettre que de ne pas mentionner le zèle et le dévouement que M. Sabourain, Secrétaire du Comité, apporte à l'accomplissement de ses fonctions. J'ai pu l'apprécier et suis heureux d'en témoigner.

» Je me félicite pour notre Société des élections que vous venez de faire; en choisissant pour votre président M. le colonel Sebert, cet officier savant, que ses travaux ont illustré dans le monde entier, vous vous êtes préoccupés de mettre à votre tête, l'année de l'Exposi-

tion, l'année du Congrès, une haute personnalité scientifique qui fût à tous égards l'honneur de la France; vous ne pouviez mieux choisir.

» Je lui souhaite la bienvenue et le prie de bien vouloir prendre place au fauteuil. »

M. le colonel H. SEBERT. — « Messieurs et chers Collègues, en m'appelant aujourd'hui à la présidence de la Société des Électriciens vous me faites un grand honneur dont je sens tout le prix, mais vous m'imposez aussi une bien lourde tâche, à laquelle je crains d'être insuffisamment préparé et dont je redoute les difficultés.

» Pour la remplir, j'aurai besoin de toute votre indulgence.

» J'aurai besoin aussi de l'appui et du concours des vice-présidents que vous venez de nommer, et dont chacun aurait eu bien plus de titres que moi à occuper cette place.

» Je compte enfin sur l'aide efficace que je suis en droit d'attendre du nouveau Secrétaire général, si compétent en électricité, si entendu en administration, que vous venez de désigner.

» Je sais, d'autre part, que je n'aurai qu'à marcher sur les traces du sympathique Président auquel je succède pour continuer à assurer à notre Société une marche prospère et régulière.

» Je m'efforcerai de suivre son exemple, et j'espère que mes forces ne me trahiront pas.

» En tout cas, vous trouverez au moins chez moi la bonne volonté et l'ardent désir de maintenir l'excellent renom de notre Société, dans la période si importante que nous allons traverser.

» Je ne saurais d'ailleurs mieux inaugurer mes fonctions qu'en vous demandant de vous associer aux remerciements que j'adresse à M. Lemonnier pour les services si grands qu'il nous a rendus, en veillant avec l'activité et l'ardeur dont nous avons été témoins aux intérêts matériels de notre Société et en contribuant si largement, par sa compétence et son autorité, au développement de son influence.

» Je ne forme qu'un souhait, c'est de pouvoir réussir comme lui à continuer l'œuvre des hommes éminents qui se sont succédé déjà sur ce fauteuil. » (*Applaudissements.*)

La séance est levée à 10^h.

À l'issue de la séance, les Membres de la Société se sont transportés au Palais-Royal, où M. A. Vernes et les chefs de service se sont obligeamment mis à leur disposition pour rendre cette visite aussi fructueuse qu'intéressante.

RAPPORT DU COMITÉ DE DIRECTION DU LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

Présenté au Comité d'administration de la Société, par M. E. MASCART, Président.

« Le Laboratoire central d'Électricité a été inauguré le 9 février 1888. Son installation, alors suffisante pour parer aux besoins les plus urgents, était loin d'être complète : aussi la première année de fonctionnement a-t-elle été consacrée en partie à l'achever et en partie à exécuter les travaux réclamés par l'industrie.

Personnel.

» Le personnel actuellement présent au Laboratoire comprend :

Le Directeur;
Un aide-préparateur;
Quatre élèves.

» Depuis l'inauguration, neuf autres élèves ont été admis à travailler au Laboratoire pendant des périodes ayant varié de un à quinze mois et l'ont quitté pour entrer dans l'industrie.

» Un assez grand nombre de jeunes gens qui avaient sollicité la même faveur n'ont pas été admis, en raison de l'insuffisance de leur instruction.

Complément d'installation.

» 1° Substitution d'un moteur à gaz de 12 chevaux et deux cylindres au moteur de 6 chevaux à un seul cylindre; emploi pour l'allumage de ce moteur de petits accumulateurs mobiles qui en régularisent la marche;

» 2° Adaptation d'un frein de Prony à la transmission;

» 3° Acquisition d'une batterie de 25 accumulateurs Julien;

» 4° Acquisition de rhéostats industriels, constitués les uns de tiges en maillechort, les autres de lampes à incandescence;

» 5° Installation d'en ensemble d'appareils pour mesurer les isollements, comprenant : une grande cuve pour immersions, une pile

de 200 éléments Callaud, une table d'expériences en entier recouverte d'ébonite ;

» 6° Acquisition d'un cylindre en ébonite pour enrouler 100^m de fil (essais de conductibilité) ;

» 7° Achat d'une étuve à température constante.

Installations en cours d'exécution.

» 1° Une nouvelle batterie d'accumulateurs Julien, devant porter à 60 le nombre de nos éléments de ce système ;

» Une batterie d'accumulateurs Laurent Cely, promise par la Société de travail électrique des métaux ;

» 3° Une petite batterie mobile de 5 accumulateurs Pollak montée sur chariot ;

» 4° Un ampèremètre et un voltmètre enregistreurs Richard, pour faciliter les vérifications de compteurs ;

» 5° Un appareil à essayer la résistance des fils à la traction ;

» 6° Un certain nombre d'appareils de mesure ont été commandés chez divers constructeurs, entre autres un ampère-étalon Pellat pour les étalonnements d'intensités. »

Travaux faits pour l'Industrie.

» La fréquence des demandes devient tous les jours plus grande. Nous avons déjà fait 101 essais ou vérifications ainsi répartis :

Établissements d'ampèremètres et voltmètres.....	19
» d'électrodynamomètres.....	2
» de résistances	6
» de condensateurs.....	6
Essais de compteurs.....	7
Études de piles	5
» d'accumulateurs.....	4
Vérifications d'isolement de câbles.....	14
» de conductibilité de fils.....	21
» de conductibilité de charbons.....	4
Essais de machines.....	7
Essais photométriques.....	6
Total	101

» Le personnel du Laboratoire s'est livré à diverses recherches :

» 1° Étude des appareils du Laboratoire ;

» 2° Étalonnement des appareils types ;

» 3° Étude de différents types de piles destinés soit à nous servir d'étalons, soit à fixer la forme de l'élément qui devra constituer la grande pile de 10 000 à 20 000 volts, dont la création nous est demandée;

» 4° Étude comparative des diverses sortes d'ampèremètres et voltmètres industriels;

5° Recherches photométriques.

*Travaux effectués au Laboratoire par des membres de la Société
ou des personnes étrangères autorisées par le Comité.*

» 1° Recherches sur la conductibilité de divers liquides;

» 2° Études d'électrophysiologie;

» 3° Expériences sur l'électrolyse de certains sels;

» 4° Réglages d'appareils de mesure industriels;

» 5° Expériences faites par M. Mascart devant la Commission municipale des théâtres sur les dangers d'incendie par le fait des lampes à incandescence;

» 6° M. Joubert s'occupe actuellement de reproduire, dans la grande salle du Laboratoire, les très intéressantes expériences de Hertz, sur la production d'ondes électriques donnant lieu à des phénomènes analogues à ceux de la propagation lumineuse. »

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

BELLOC (Luigi). *Terminologie électrique. Vocabulaire italien-français-allemand-anglais.* 1 broch. in-8; Turin, G. Bruno et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)

THOUAILLE (Albert). *L'Éclairage électrique à Reims.* 1 petite broch.; Reims, Imprimerie nouvelle, 1889. (*Don de l'auteur.*)

TOMMASI (D^r D.). *Traité théorique et pratique d'Électrochimie.* 2^e fascicule; Paris, Bernard et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)

SITUATION FINANCIÈRE AU 31 MARS 1889.

<i>Dépenses soldées du 1^{er} avril 1888 au 31 mars 1889.</i>		<i>Solde en caisse et en dépôt au 31 mars 1888.</i>	781,35
Assurance.....	31,90		
Frais de personnel.....	5875,00		
Frais généraux, chauffage et éclairage, imprimés, etc.....	738,30		
Loyer et impôts.....	1300,85		
Timbres et affranchissements.....	931,65		
<i>Bulletin</i> : Impression et envoi (solde de l'année 1887).....	3145,00		
Id. (année 1888).....	10253,14		
Id. (à valoir sur le 1 ^{er} trimestre de 1889).....	2000,00		
Réunions mensuelles.....	630,00		
Laboratoire central d'Electricité (solde de la subvention de l'exercice 1887-1888).....	1390,60		
Id. (subvention de l'exercice 1888-1889).....	3000,00		
Dépenses pour l'Exposition universelle de 1889.....	75,00		
Fonds social (achat de 8 obligations P.-L.-M., fusion 1866).....	3227,65		
	<u>32599,09</u>		
Au 31 mars 1886, il existe :			
En caisse.....	436,24		
En dépôt au Crédit lyonnais.....	4640,75		
	<u>5076,99</u>		
	37676,08		
		<i>Recettes effectuées du 1^{er} avril 1888 au 31 mars 1889.</i>	
		Dons.....	580,00
		Cotisations libérées.....	1000,00
		Cotisations demi-libérées.....	500,00
		Cotisations (exercices 1886 et antérieurs).....	479,14
		» (exercice 1887).....	2153,11
		» (exercice 1888).....	19405,88
		» (exercice 1889).....	6442,10
		Annonces (Produit des).....	102,00
		Intérêts des sommes placées en comptes courants.....	16,98
		Intérêts du fonds social (47 coupons d'obligations P.-L.-M.)..	625,62
		Recouvrement de créances.....	5589,90
			<u>37676,08</u>

FONDS SOCIAL.

Le fonds social, au 31 mars 1888, était de.....	15429 ^{fr} ,65
Placements effectués pendant l'exercice.....	3297 ^{fr} ,65
Le fonds social, au 31 mars 1889, s'élève à.....	<u>18657^{fr},30</u>

Digitized by Google

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

DESCRIPTION DU SERVICE HORAIRE DE LA VILLE DE LYON [suite et fin ⁽¹⁾],

PAR M. CH. ANDRÉ,

Directeur de l'Observatoire.

Distributeur Le Dolley. — Comme nous l'avons dit, nous utilisons le courant alterné que nous venons d'obtenir pour actionner l'appareil distributeur de l'heure publique, appareil auquel nous avons donné le nom de son inventeur et qui a été construit pour permettre d'établir les cadrans en tension. Il serait d'ailleurs superflu, tout aussi bien pour MM. les horlogers que pour le public, que ces cadrans aient un battement par seconde. Il suffit que chacun d'eux batte chaque minute à une seconde exacte et que l'instant où cette minute bat soit bien net et bien marqué.

Le distributeur du courant électrique dans les cadrans horaires comprend deux parties bien distinctes :

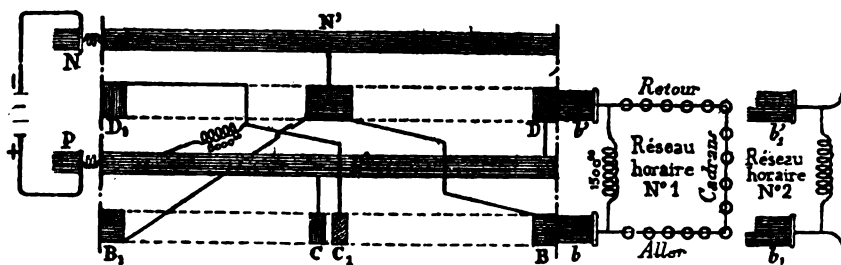
1° Une horloge ordinaire à rouages solides, dont l'échappement s'effectue électriquement. A cet effet, une palette aimantée oscille, à chaque seconde, entre les pôles d'un système de deux électro-aimants, sous l'influence du courant alterné envoyé à chaque oscillation par l'appareil d'émission de la pendule maitresse. L'extrémité inférieure de cette palette, taillée en biseau, heurte, lorsqu'elle est verticale, une dent de la roue d'échappement et l'empêche de passer. Lorsque, par les actions successives du courant, la palette est attirée successivement à droite et à gauche, à chaque fois une dent passe, puis un arrêt se produit, après quoi une deuxième dent est libre, et ainsi de suite. La roue d'échappement tourne donc d'un mouvement uniforme, comme si elle était dirigée par l'échappement même de la pendule maitresse.

2° Sur l'axe de cette roue prolongée en dehors du massif de l'horloge, est monté un cylindre en ébonite de 6^{cm} de long et de 4^{cm} de diamètre, qui tourne avec la roue en faisant un tour complet en deux minutes.

(1) Voir n° 53 du *Bulletin* (février 1889).

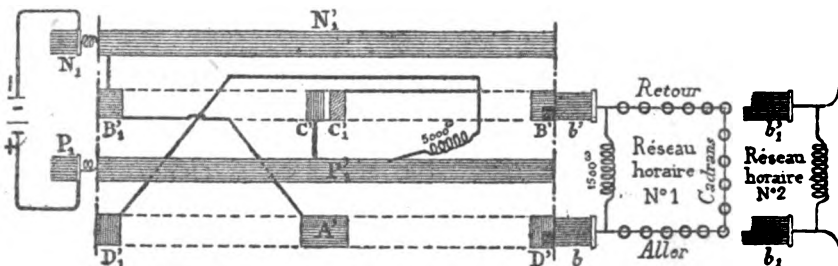
Sur la surface extérieure de ce cylindre sont fixées, perpendiculairement à l'axe, quatre lames rectangulaires de 5^{mm} de largeur faisant un tour complet; deux d'entre elles sont entièrement métalliques et mises en relation par deux balais en argent avec les deux pôles P et N d'une pile (fig. 6 et 7), (dans ces figures schématiques le cylindre est supposé développé sur un plan par une génératrice

Fig. 6.



qui coupe en deux les lames métalliques BB₁ et DD₁); deux autres, BCC₁ B₁ et DAD₁, sont en partie métalliques (portions ombrées) et communiquent avec les balais *b* et *b'* qui forment les extrémités d'une même ligne horaire. Ces parties métalliques sont d'ailleurs reliées entre elles dans l'intérieur du cylindre (traits pleins).

Fig. 7.



Cela posé, supposons le cylindre dans une période de sa révolution telle que les balais correspondants touchent les parties métalliques des bandes B et D, un courant négatif circulera dans la ligne (fig. 6) en suivant le trajet

$$NN'ABbb'P'P;$$

après une demi-révolution du cylindre (fig. 7), c'est un courant positif qui passera en suivant le trajet

$$N_1B_1B'b'b'D'P_1P_1.$$

Le distributeur envoie ainsi, sur la ligne, à chaque révolution, c'est-à-dire par intervalles de deux minutes, deux courants de sens inverse et équidistants; chacun de ces courants dure d'ailleurs six secondes environ, durée bien supérieure à celle qu'exigent les actions mécaniques qu'il a à produire, et après laquelle il est rompu par un dispositif spécial empêchant l'étincelle de l'extra-courant. Pour cela le deuxième contact, C_2 ou C'_2 , introduit dans le circuit une résistance considérable, 5000 ohms, qui réduit à peu de chose l'intensité du courant et permet à la résistance de 1500 ohms, placée en dérivation entre les deux extrémités de la ligne, de supprimer complètement l'étincelle de rupture.

Enfin, le courant circule toujours aux contacts dans le même sens des balais aux lames d'interruption, pour que, en cas d'étincelles accidentelles, ce soit le balai qui s'use et que la lame ne se creuse pas.

Ces différents organes suffiraient pour donner l'heure à un réseau; en réalité, notre appareil comporte quatre distributions identiques. En regard du cylindre horaire que nous venons de décrire sont, en effet, placées, à des distances angulaires convenables, trois autres paires de balais, identiques aux précédentes et reliant à la pile motrice, avec les mêmes précautions, trois autres lignes horaires qui reçoivent le courant aux secondes que nous avons déjà indiquées plus haut.

D. — Appareils récepteurs. Cadrons électriques.

Les cadrans que nous employons (¹), construits sur le même principe que ceux établis autrefois à Lyon par le regretté Breguet, en diffèrent par un certain nombre de perfectionnements que l'expérience nous a dictés. Ils s'installent entre deux vitres sur des lanternes à gaz et, comme le montre la *fig. 8*, qui en donne une vue d'ensemble, se composent tous de :

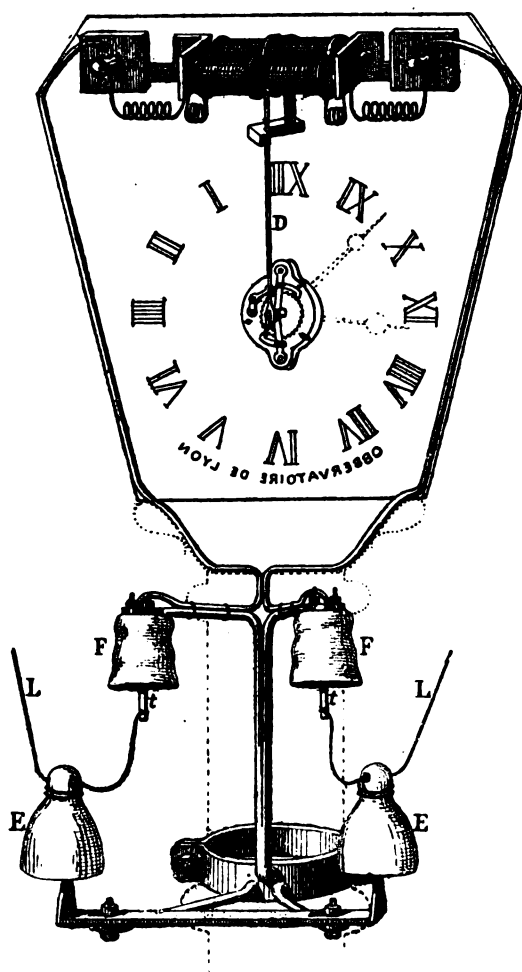
- 1° Un *cadran* divisé sur verre dépoli;
- 2° Un système électrique installé à la partie supérieure du cadran;
- 3° Une palette aimantée en forme d'U reliée au mouvement d'horlogerie centrale par une tige de cuivre;

(¹) Ces cadrans sont construits par la maison Marty, de Montbéliard.

4° Un mouvement d'horlogerie actionnant les aiguilles du cadran.

Le cadran, divisé comme à l'ordinaire en heures et minutes, est en verre dépoli, blanc mat au centre et bleu vers les bords.

Fig. 8.



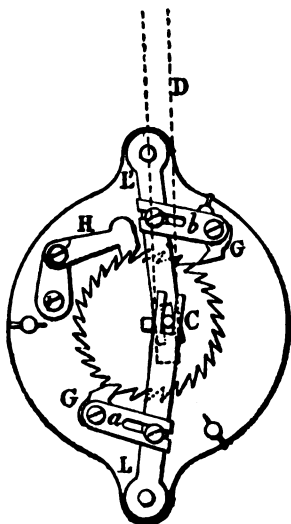
Le système électrique se compose de deux électro-aimants placés sur un même support et dans lesquels l'enroulement du fil conducteur est tel que les extrémités polaires opposées soient en regard : entre elles se meut une armature polarisée D.

Le courant envoyé par le distributeur étant alternativement positif ou négatif, il arrive qu'à un moment donné la palette doit se

mouvoir vers la droite; à la minute suivante, le sens du courant ayant changé et, avec lui, les noms des pôles en regard, la palette se mouvra en sens inverse.

Le mouvement central, représenté en vraie grandeur (*fig. 9*), se compose de deux cliquets d'impulsion G et G' , agissant sur le rochet par l'intermédiaire de deux lames croisées L et L' , terminées par deux coulisses longitudinales et reliées ensemble, à leur point de croisement, par une cheville C commandée par la lame D , qui forme le prolongement de l'armature du système électrique. Cette tige CD

Fig. 9.



communiqua son mouvement oscillatoire aux lames L et L' qui entraînent elles-mêmes les cliquets G et G' , lesquels agissent alors sur le rochet, l'un G par impulsion, l'autre G' par traction, et le font tourner chacun d'une dent à chaque oscillation de la tige CD .

Un pied de biche H , indépendant du mouvement et porté par sa platine, maintient le rochet C et, par conséquent, le mouvement d'horlogerie qu'il actionne et enfin les aiguilles du cadran, au repos absolu, lorsque le courant électrique n'agit point sur la tige CD . On se met ainsi à l'abri des dérangements provenant de l'action du vent et des chocs accidentels.

Enfin, les cliquets G et G' sont fixés aux lames L et L' par l'intermédiaire des deux glissières à vis a et b , qui permettent de régler

leur position relativement au rochet et d'obtenir dans leur jeu le minimum de résistance.

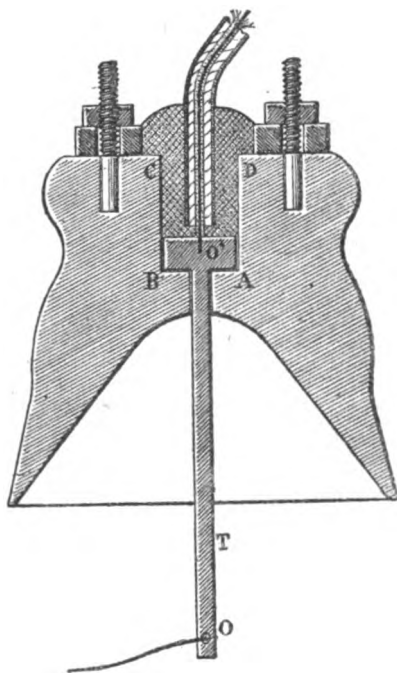
E. — Appareils conducteurs.

La sécurité et le bon fonctionnement de notre service distributeur reposent évidemment en grande partie sur l'état de bon isolement des lignes de nos différents réseaux; aussi a-t-on apporté lors de leur établissement le plus grand soin au choix des différents isolateurs et au mode de jonction de la ligne avec chacun des cadrans.

Les différentes lignes de nos réseaux sont des lignes aériennes dont le fil conducteur est en bronze silicieux télégraphique de 2^{mm}, et la jonction des cadrans électriques avec la ligne se fait d'après le mode suivant.

Le fil de ligne vient s'enrouler sur un premier isolateur E (fig. 8),

Fig. 10.



en forme de cloche, comme les isolateurs ordinaires de télégraphe, et part de là pour aller se souder (fig. 10) à une tige de cuivre T, munie à sa partie inférieure d'un trou O destiné à le recevoir. Cette tige, qui se termine à sa partie supérieure par une tête plate percée

elle-même d'un trou O', vient reposer sur le fond d'une cavité ABCD pratiquée dans un isolateur de forme spéciale. L'extrémité dénudée d'un câble sous plomb pénètre dans le trou O' et y est soudée avec soin; toute la cavité est alors remplie d'un mastic convenable ⁽¹⁾ qui isole complètement le fil de tout ce qui l'entoure. Ce fil quitte ensuite l'isolateur pour pénétrer, toujours sous plomb, jusqu'aux bornes d'arrivée des électro-aimants moteurs.

Les cadrans sont, d'ailleurs, installés en tension sur la ligne ⁽²⁾ et nous donnons plus loin le mode actuel de division de la Ville en réseaux, le nombre et les emplacements des cadrans existants; d'autre part, la Planche ci-jointe et la légende qui l'accompagne montrent comment sont disposées, à l'intérieur du poste central horaire, les communications mutuelles des divers organes de notre système horaire et la simplicité avec laquelle on peut changer, à volonté et sans perdre une seconde de la pendule maîtresse, les organes transmetteurs et récepteurs. J'insiste seulement sur ce point que tous les appareils importants sont en double et peuvent ainsi se substituer l'un à l'autre en un instant.

IV. — ÉTUDE DES LIGNES ET DES CADRANS.

Dans un service tel que celui que nous décrivons, il faut se prémunir contre toute perturbation à l'état normal et régulier des lignes qui transmettent le courant moteur et des cadrans qui le reçoivent : il convient donc d'être renseigné aussi exactement que possible sur l'état des lignes et des cadrans, et de pouvoir parer rapidement à un accident en rétablissant l'heure exacte sur le réseau perturbé.

D'ailleurs, comme le montre la liste donnée à la fin de cette Note, nous avons, dans la partie centrale de la Ville, mélangé à dessein les réseaux, afin que l'un puisse au besoin suppléer l'autre.

F. -- Instruments employés.

Parmi les instruments employés pour cette étude, les uns sont communs à tous les réseaux, à savoir un galvanomètre Deprez-

⁽¹⁾ Le mastic que nous employons est celui que l'on connaît dans tous les laboratoires de Physique sous le nom de mastic Golaz.

⁽²⁾ La pose en tension a, dans ce cas, l'avantage d'être plus sûre et de permettre une étude plus facile des lignes.

d'Arsonval, une boîte de résistance, dite *boîte-pont*, et la pile nécessaire à leur fonctionnement; les autres, à savoir un ampèremètre divisé en milliampères et un cadran de contrôle, sont intercalés à poste fixe dans l'une des portions de chaque réseau qui traverse le poste central.

On a déterminé, d'ailleurs, par des mesures préparatoires, la résistance normale de chacun des réseaux, fermé sans cadrans, puis avec ses cadrans, ainsi que celle de chacun des cadrans qui y sont mis en service, et aussi l'isolement normal des lignes par différentes circonstances atmosphériques.

G. — Défauts des lignes.

Nous appelons *défaut d'une ligne* toute cause résultant de son état qui modifie la transmission normale du courant.

Avec notre installation, les défauts peuvent être de deux espèces :

- 1° L'isolement est devenu mauvais ;
- 2° Il s'est introduit en un point du réseau une solution de continuité ou une résistance excessive.

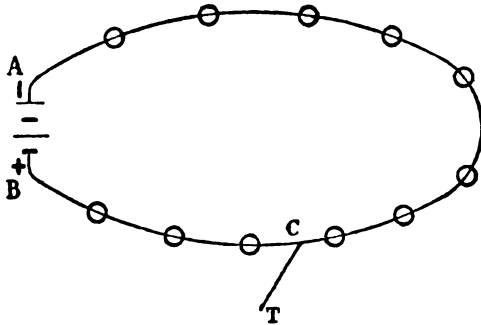
1° *Isolement mauvais.* — La défectuosité de la ligne provient alors soit d'un isolateur fendu, sali ou présentant quelque autre défaut, soit d'un contact entre la ligne et quelque corps conducteur en communication plus ou moins complète avec le sol; par exemple, un réseau peut être mis en contact avec le fil téléphonique du Service d'incendie, dont les deux extrémités sont toujours à terre et qui, sur un certain parcours, a les mêmes supports que notre fil horaire. Et il convient d'y remédier au plus tôt; car, si l'existence d'un seul de ces défauts n'a, en général, d'autre effet direct que de changer la distribution du potentiel le long de la ligne, elle a pour effet indirect de mettre le réseau dans une sorte d'équilibre instable, l'existence simultanée de deux d'entre eux produisant toujours, s'ils sont assez intenses, l'arrêt des cadrans situés sur la portion de ligne qu'ils limitent.

L'ampèremètre du réseau suffit d'ailleurs pour constater l'existence d'un pareil défaut. En effet, si, aussitôt après que le cadran de contrôle a battu une minute quelconque et pendant que le courant passe encore dans le réseau, on met à terre le fil de ligne entre

la pile et l'ampèremètre, l'aiguille de ce dernier reviendra brusquement au zéro, ou, tout au moins, sa déviation sera brusquement réduite, s'il existe une fuite importante sur la ligne.

Mais, pour donner un résultat concluant, cette manœuvre exige de la part de l'opérateur une certaine habileté; aussi convient-il de la combiner avec le procédé suivant, analogue à celui qu'on emploie pour le même but dans les installations d'éclairage électrique. En un point quelconque de la portion intérieure du réseau, on dérive vers la terre un conducteur de résistance comparable à la sienne (1500 ohms) et qui traverse un ampèremètre additionnel, mais identique à ceux des réseaux. Dans ces conditions, si la ligne a quelque part une perte, l'intensité du courant sera augmentée sur la portion du réseau qui, par la pile, va de la dérivation à la perte; elle sera au contraire réduite (parfois du cinquième) sur la seconde portion; mais, en outre, il passera dans la dérivation un courant dont l'intensité, très faible lorsque la perte est très voisine de la dérivation, augmentera peu à peu avec le nombre de cadrans que renferme cette seconde portion du réseau, pour devenir comparable à celle du courant moteur si la mise à terre est complète.

Fig. 11.



Le second problème à résoudre est évidemment de trouver le siège du défaut constaté. On profite pour cela de ce que la résistance de la portion de ligne qui sépare deux cadrans est toujours une fraction très faible de celle des cadrans eux-mêmes. En effet, les écartements moyens des cadrans sont : $0^{\text{km}}, 259$ pour la ligne du centre, $0^{\text{km}}, 609$ pour le réseau de l'ouest, et $0^{\text{km}}, 844$ pour le réseau

de l'est. Comme, d'autre part, la résistance de notre ligne est 6 ohms par kilomètre, les valeurs en ohms de ces écartements moyens sont respectivement 1,6, 3,7 et 5,1 pour les différents réseaux, tandis que la résistance normale de chacun des cadrans est de 45 ohms. Laissant donc de côté cette portion de ligne, nous cherchons à déterminer le siège du défaut à un cadran près, ou, ce qui revient au même, à le localiser entre deux cadrans du réseau, restreignant ainsi à une étendue très faible la portion de la ligne que les agents du service ont à étudier en détail.

Nous mesurons dans ce but, par les méthodes ordinaires et à l'aide des instruments indiqués plus haut, la résistance de l'une ou de l'autre des deux portions (*fig. 11*) du réseau, AC et BC partant de chacun des pôles de la pile et aboutissant au siège du défaut; le quotient de l'une ou l'autre de ces deux quantités par la résistance normale des cadrans employés donnera le nombre des cadrans qui séparent le défaut de chacun des pôles de la pile.

2° *Solution de continuité ou résistance excessive.* — La déviation de l'ampèremètre est alors nulle ou très notablement inférieure à la déviation normale.

Dans le premier cas, le cadran de contrôle correspondant et tous ceux du réseau sont évidemment arrêtés à la même heure. On sait d'ailleurs, dans la plupart des cas, par des renseignements extérieurs, quelle est la cause de cet accident et son siège.

Dans le second cas, il arrive assez souvent aussi que les mêmes renseignements nous permettent de localiser l'accident, par exemple lorsqu'il provient d'un commencement de rupture dû à un choc. Mais toutes les fois que l'on se trouve sans renseignements sur la nature et le siège de l'accident, on doit suivre la ligne de cadran en cadran et, à moins que l'on n'ait vu la rupture ou la cause de la résistance accidentelle, procéder comme suit. Au poste central, la ligne a été mise en communication avec une pile spéciale beaucoup trop faible pour entraîner la mise en marche des cadrans et dont l'autre pôle est à la terre; sur la ligne, l'agent du service passe d'un cadran à l'autre, en mettant l'oreille à un téléphone dont il a fixé l'un des fils à la ligne au moyen d'une pince et l'autre à la terre par l'intermédiaire du bec de gaz porteur du cadran. Le premier cadran à partir duquel il cesse d'entendre le passage des courants, envoyés à la

main du poste central, est celui dont les communications électriques sont mauvaises.

Pour faciliter cette manœuvre, on utilise, d'ailleurs, l'ampère-mètre du réseau perturbé; chacun des deux opérateurs mettant réciproquement l'oreille à son téléphone, dès que le courant ne s'entend ou ne se voit plus.

G. — Défauts des cadrans.

Nous appelons *défaut d'un cadran* toute cause provenant de son état, qui l'empêche de faire marquer par les aiguilles les impulsions du courant moteur.

Ces défauts peuvent provenir du mauvais état des bobines de l'électro-aimant, ou d'un dérangement quelconque survenu dans les différents organes du mouvement d'horlogerie.

Dès qu'un cadran est reconnu *irrégulier*, il est remplacé par un autre sortant de l'atelier et on le soumet aux essais suivants :

1° On mesure la résistance des bobines de son appareil électromagnétique, lesquelles sont refaites complètement si la résistance totale est devenue inférieure à 40 ohms.

2° On fait *repasser* son mouvement d'horlogerie.

3° On règle de nouveau la sensibilité des cliquets moteurs, de façon que les aiguilles obéissent en local à un courant de 12 milliampères, tandis qu'en ligne le courant normal est de 45 milliampères.

II. — Remise à l'heure des cadrans.

Le défaut de concordance d'un ou de plusieurs cadrans avec l'heure exacte est évidemment l'un des suivants :

1° Ces cadrans sont arrêtés depuis un certain temps;

2° Quoique obéissant à l'action du courant et marchant en apparence d'une façon régulière, ils marquent une heure qui retarde sur l'heure exacte;

3° L'heure que donnent ces cadrans est en avance sur l'heure exacte.

Nous examinerons successivement ces trois cas :

Cadrans arrêtés. — Sauf de très rares exceptions, l'arrêt complet d'un cadran tient toujours à quelque dérangement survenu sur la ligne du réseau correspondant.

(a) L'accident le plus grave est une rupture de la ligne; l'ampèremètre reste alors immobile et tous les cadrans, y compris le cadran de contrôle, sont arrêtés à la même heure. On sépare ce réseau du distributeur pour la réparation de la ligne, et dès que les agents du service ont signalé (par téléphone) au poste central que la communication est rétablie, on remet l'ensemble du réseau à l'heure au moyen de son cadran de contrôle et du manipulateur intérieur.

(b) Si la rupture n'est pas complète, ou s'il s'est introduit sur la ligne une résistance excessive, auxquels cas la déviation de l'ampèremètre est beaucoup inférieure à sa valeur normale, un certain nombre de cadrans du réseau sont arrêtés à la même heure, tandis que sur la portion restante l'heure d'arrêt pourra différer à chaque cadran, selon sa résistance et la mobilité de ses aiguilles. Après avoir isolé le réseau du distributeur pour la réparation de la ligne (si l'excès de résistance provient des bobines d'un cadran, celui-ci est classé comme *irrégulier* et remplacé) et remis séparément les cadrans isolés à l'heure de la première portion, on agira sur l'ensemble du réseau au moyen du cadran de contrôle et du manipulateur intérieur, comme il vient d'être dit.

(c) Si un certain nombre de cadrans successifs d'un réseau sont arrêtés à la même heure, c'est que, depuis la dernière mesure ampèremétrique, deux mises à terre complètes et permanentes s'y sont produites. Les renseignements extérieurs, ainsi que les mesures de résistances, indiquent le lieu de ces mises à terre : il faut les supprimer et remettre en marche les cadrans arrêtés.

Dans ce but, nous isolons, ou bloquons, au moyen de mises à terre artificielles, la partie perturbée et, après avoir fait indiquer à tous les cadrans qu'elle renferme une heure convenable, la même pour tous, nous les remettons en service d'un seul bloc.

La règle adoptée par nous est, en effet, celle-ci :

L'agent du service produit d'abord sur la ligne une mise à terre artificielle à la sortie du dernier cadran fonctionnant bien, puis supprime la première mise à terre, cause de l'arrêt; parcourant ensuite la ligne d'une façon continue, il fait marquer à chacun des cadrans arrêtés une heure (heure et minute) déterminée par le temps probable que doit demander l'opération totale de remise en état : par exemple, si cette remise en état lui semble devoir durer deux heures,

et que l'heure actuelle soit 8^h, il fera marquer 10^h15^m à tous ces cadrans. Après avoir quitté le dernier cadran arrêté, il établit une seconde mise à terre artificielle à l'entrée du cadran suivant, lequel fonctionne bien, et supprime ensuite la seconde mise à terre, cause de l'arrêt. Lorsque, tout étant ainsi réparé, les mises à terre artificielles subsistent seules, l'agent du service fait rentrer la portion perturbée dans la circulation générale, en supprimant la dernière mise à terre artificielle, immédiatement après que le cadran, contre lequel elle est établie et dont l'heure est exacte, a battu la minute commune à tous les cadrans que cette portion renferme; revenant alors sur ses pas, il supprime finalement la première mise à terre artificielle et le réseau est alors remis en état.

Cette méthode est évidemment bonne, quel que soit le nombre de cadrans arrêtés, se réduisit-il à un seul. Mais, dans le cas où, sur un réseau, le nombre de ces cadrans serait en grande majorité, il y aurait avantage à procéder comme il suit : on supprimerait pendant la réparation de la ligne tout envoi de l'heure sur ce réseau, et l'on remettrait un à un, à l'heure de la portion perturbée, les quelques autres cadrans; puis, une fois la ligne réparée, on agirait d'un coup sur l'ensemble du réseau à l'aide de son cadran de contrôle et du manipulateur intérieur.

Cadrans en retard. — Si un ou plusieurs cadrans d'un réseau sont signalés comme marchant en retard, ce défaut de concordance doit presque toujours être considéré (surtout dans le cas de plusieurs cadrans successifs) comme provenant de la ligne, dont deux points auront été mis temporairement, par des conducteurs étrangers, en communication plus ou moins complète avec la terre : ces dérangements sont le plus à craindre par temps très pluvieux ou fortement neigeux.

La règle est alors de remettre ces cadrans à l'heure à l'aide de mises à terre artificielles, comme plus haut, et de faire en même temps un examen minutieux de la portion de ligne où se sont produits les dérangements.

Si cet examen ne révèle aucune cause possible de mise à terre, le cadran, car alors il n'y en a qu'un seul, est classé comme *irrégulier* et remplacé.

Cadrans en avance. — Tout cadran qui avancerait sur l'heure

exacte est classé comme *irrégulier* et remplacé. Cette avance ne peut, en effet, provenir que d'un défaut dans la transmission des oscillations de la palette aux aiguilles par le mouvement d'horlogerie.

I. — Appareils préservateurs.

On ne peut évidemment soustraire à l'influence des courants orageux que l'ensemble des appareils distributeurs réunis au poste central, et encore doit-on chercher à le faire sans empêcher leur fonctionnement régulier.

Nous employons, dans ce but, des paratonnerres analogues à ceux que j'avais demandés à M. Le Dolley pour préserver les pendules maîtresses du réseau établi à l'Observatoire et desservant les cadrans à seconde de nos différents pavillons d'observation.

Ils constituent des relais spéciaux, ayant pour fonction de fermer le circuit avant l'entrée du poste central, dès l'instant où et pendant toute la durée qu'un courant d'intensité supérieure à 100 milliam-pères traverse le réseau correspondant.

J. — Légende explicative du plan du poste central.

Les organes essentiels du poste central horaire de la ville de Lyon sont en double, afin de parer rapidement à tout accident imprévu en évitant les interruptions, et de pouvoir isoler un quelconque d'entre eux, soit pour son étude, soit pour son entretien.

I. Les deux *pendules maîtresses* (*pendules I Rédier* et *II Breguet*) sont placées de façon que les communications électriques, qu'elles doivent établir à tour de rôle, puissent être échangées *en moins d'une seconde*, à l'aide d'un commutateur du genre *Baudot* (*commutateur pendules*) installé entre elles deux.

Le courant qu'envoie la *pendule de service* actionne : d'une part, un cadran à secondes du genre Hipp, placé dans le vestibule du palais Saint-Pierre (voir en haut à gauche *cadran public*) à la portée du public; et, d'autre part, le *distributeur de service*.

Entre les deux pendules sont représentées (*pendule vernier*, *microphone*, *téléphone comparaison*, *relais vernier*) la pendule vernier avec son microphone et l'oreille téléphonique à l'aide desquelles on détermine chaque jour l'état des pendules par rapport à l'heure exacte.

POSTE CENTRAL



II. De chaque côté des pendules maitresses se trouvent les *distributeurs* (*distributeurs I et II*) qui envoient, à chaque minute, sur les lignes horaires, le courant de l'une ou l'autre de trois batteries de pile Callaud grand modèle, installées dans un local spécial appelé *atelier* : des fils, partant des pôles de ces batteries, débouchent dans le poste central par une ouverture indiquée (*atelier-piles*) et aboutissent à une série de bornes marquées + et — ; on peut ainsi faire travailler alternativement chacune d'elles.

III. Les quatre *lignes horaires* pénètrent dans le poste central par un *câble sous-plomb* à huit conducteurs représenté étalé en haut et à gauche du plan ; elles y traversent successivement des *parafoudres*, des *cadrans témoins* (marqués 1, 2, 3 et 4 sur le plan), des *galvanomètres verticaux*, des *commutateurs* (1-A, 2-A, 3-A, 4-A ; 1-R, 2-R, 3-R, 4-R), des *ampèremètres*, pour aller au *commutateur des distributeurs* et de là rejoindre les *distributeurs* eux-mêmes par des câbles représentés en *traits épais*.

Un commutateur inverseur (marqué sur le plan, *remise à l'heure*) sert à remettre rapidement à l'heure, sans interrompre le service général, un réseau qui aurait été troublé par un accident quelconque.

IV. Sur la droite et en haut du plan sont représentées en schéma :

1° Les *piles Meidinger I et II* qui donnent le courant alterné par les pendules maitresses : les fils qui en sortent pour aller aux pendules passent, avant d'y arriver, par le *commutateur des piles*, qui permet de faire travailler celles-ci à tour de rôle.

2° Les piles qui servent aux comparaisons microphoniques et aux communications avec l'extérieur du poste central (*pile-microphone-pendules* ou *pile-téléphone*, *pile-sonnerie-téléphone*).

V. En bas et à gauche du plan sont des fils spéciaux communiquant avec les bornes d'essai E et désignés par *mesures directes*, *mesures avec cadrans témoins*, qu'on peut mettre en relation avec les appareils indiqués dans le texte précédent, mais non représentés ici ; ils servent aux mesures de vérification qui nous permettent d'assurer la bonne marche des cadrans publics. Les bornes appelées *terre*, *disponibles*, *téléphone* portent avec elles-mêmes leur signification.

VI. Le poste central horaire est d'ailleurs relié téléphoniquement :

- 1° A l'observatoire de Lyon ;
- 2° Au Bureau central des téléphones ;
- 3° A l'atelier.

Ces diverses communications se réalisent par l'intermédiaire d'un *commutateur spécial*.

V. — RÉSUMÉ.

Tel est l'ensemble des appareils employés pour transmettre à Lyon l'heure obtenue à l'Observatoire et des précautions prises pour assurer la régularité de sa distribution dans l'intérieur de la ville. Le dispositif expérimental a ce caractère que chaque fonction est, autant que possible, remplie par un appareil spécial approprié à sa nature, indépendant, et qu'on peut au besoin isoler ou remplacer sans nuire au service. Parmi les précautions que nous avons indiquées, certaines sont indispensables et d'application quotidienne ; d'autres, au contraire, doivent être considérées comme des mesures préventives ; mais toutes sont utiles. En effet, une distribution de l'heure faite d'après les principes précédents a permis d'obtenir ce résultat remarquable, qu'avec des lignes mauvaises, dont l'isolement était à peine le millième de ce qu'il est actuellement dans nos réseaux refaits et réinstallés, on n'a trouvé, du 1^{er} août au 1^{er} novembre 1888, que *trois* cadrans marquant une heure inexacte sur les *soixante-sept* alors en fonctions.

J'ajoute que les agents du service de la Voirie municipale et ceux de la Société des Téléphones doivent tenir état des cadrans qu'ils trouvent en défaut et les signaler aussi bien au service horaire qu'à l'Administration municipale. En outre, chaque mois un rapport relatant les irrégularités survenues dans le service horaire et leurs causes est adressé par le directeur de l'Observatoire à M. le Maire.

En terminant, je tiens à prier mon assistant, M. L. Morel, de recevoir l'expression de ma gratitude pour le zèle intelligent avec lequel il surveille tous les détails de notre organisation.

VI. — EMBLEMENTS DES CADRANS PUBLICS.

Réseau du centre.

1. Place des Terreaux, angle rue de l'Hôtel-de-Ville.
2. Rue de la République, angle rue de l'Arbre-Sec.
3. Rue de la République, angle rue Mulet.
4. Rue de la Bourse, angle rue Ménétrier (lycée).
5. Rue de la Bourse, dans les bureaux de la Voirie.
6. Rue Ferrandière, contre le Mont-de-Piété.
7. Rue Ferrandière, angle rue de la République.
8. Place de la République, angle rue de Jussieu.
9. Rue de la République, angle rue Childebert.
10. Rue de la République, angle rue des Archers.
11. Place Bellecour, angle rue de la Barre.
12. Quai de la Charité, pont de la Guillotière.
13. Rue Victor-Hugo, angle rue Sala.
14. Place Ampère, angle rue des Remparts-d'Ainay.
15. Rue Victor-Hugo, angle place Perrache.
16. Place Saint-Michel, angle rue Vaubecour.
17. Place Bellecour, angle quai des Célestins.
18. Rue Saint-Dominique, angle place Bellecour.
19. Rue Saint-Dominique, angle rue des Archers.
20. Rue Saint-Dominique, angle place des Jacobins.
21. Quai Saint-Antoine, angle rue Préfecture.
22. Rue Centrale, angle rue Mercière.
23. Rue Hôtel-de-Ville, angle rue Tupin.
24. Rue Centrale, angle rue Grenette.
25. Rue Centrale, angle place Saint-Nizier.
26. Quai Saint-Antoine, angle place d'Albon.
27. Rue Saint-Pierre, angle place de la Platière.

REMARQUE. — Le réseau du centre a 7^{km} de longueur.

Réseau de l'ouest.

1. Place des Terreaux, angle rue Romarin.
2. Rue Puits-Gaillot, angle place Tolozan.
3. Quai de l'Hôpital, angle place des Cordeliers.
4. Quai de l'Archevêché, devant le Palais de Justice.
5. Avenue de l'Archevêché, devant la gare de Saint-Just.
6. Quai Pierre-Scize, angle rue Saint-Paul.
7. Quai Pierre-Scize, angle montée de la Chana.
8. Quai Pierre-Scize, angle montée du Greillon.
9. Quai de Vaise, angle grande rue de Vaise.
10. Place de la Pyramide, angle rue de Bourgogne.
11. Rue de Paris, angle rue Saint-Cyr.
12. Place de Paris, devant la gare.
13. Quai Saint-Vincent, en face le pont de Serin.
14. Quai Saint-Vincent, angle place Port-Neuville.
15. Quai Saint-Vincent, angle rue d'Algérie.

16. Rue d'Algérie, angle rue Lanterno.
17. Place Martinière, devant le Marché.
18. Rue Terme, angle rue du Sergent-Blandan.
19. Boulevard de la Croix-Rousse, en face l'École Normale.
20. Grande rue de la Croix-Rousse, angle rue Drumont.
21. Grande rue de la Croix-Rousse, en face de la montée de la Boucle.
22. Place de la Boucle, angle montée de la Boucle.
23. Place Saint-Clair, angle montée des Fantasques.

REMARQUE. — Le réseau de l'ouest a 14^{km} de longueur.

Réseau de l'est.

1. Rue Puits-Gaillot, en face place de la Comédie.
2. Place Morand, entrée du pont Morand.
3. Avenue de Noailles, angle cours Morand.
4. Quai de la Guillotière, angle rue Servient.
5. Cours Cambetta, angle place Raspail.
6. Cours Gambetta, angle place du Pont.
7. Rue de Marseille, angle rue de Bonald.
8. Quai Claude-Bernard, devant le palais des Facultés.
9. Quai Claude-Bernard, angle avenue des Ponts.
10. Avenue des Ponts, devant l'entrée de la gare de la Mouche.
11. Rue Montesquieu, angle rue Sébastien-Gryphe.
12. Rue Montesquieu, angle rue de la Madeleine.
13. Grande rue de la Guillotière, angle place de la Croix.
14. Rue de Marseille, angle de l'avenue des Ponts.
15. Rue Garibaldi, angle rue Paul-Bert.
16. Rue Garibaldi, angle cours Lafayette.
17. Boulevard des Brotteaux, angle cours Vitton.
18. Boulevard du Nord, angle rue Tête-d'Or.
19. Parc de la Tête-d'Or, devant les grandes serres.
20. Parc de la Tête-d'Or, devant le jardin botanique.
21. Parc de la Tête-d'Or, à l'entrée du boulevard de l'Hippodrome.
22. Parc de la Tête-d'Or, devant le Chalet.
23. Parc de la Tête-d'Or, bâtiment de la grande ferme.
24. Boulevard du Nord, angle de l'avenue du Parc.
25. Quai de l'Est, angle place de l'Helvétie.
26. Avenue de Noailles, angle rue Montgolfier.

REMARQUE. — Le réseau de l'est a 13^{km}, 500 de longueur.

ERRATA.

Tome VI, page 96, ligne 17, *au lieu de a', lire a.*

» » » 18, » dans le circuit fermé, *lire* hors du circuit.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

ANNÉE 1889-1890.

COMITÉ D'ADMINISTRATION.

Présidents honoraires.

MM. GEORGES BERGER, Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, 8, rue Legendre, à Paris.

MAURICE LOEWY, Membre de l'Institut, Sous-Directeur de l'Observatoire de Paris, 119 *bis*, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

BUREAU.

Président.

SEBERT (Colonel H.), Directeur du Laboratoire Central de la Marine, Inspecteur des fabrications de l'Artillerie (Ministère de la Marine), 13, rue de la Cerisaie, à Paris.

Vice-Présidents.

CARPENTIER (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, 34, rue du Luxembourg, à Paris.

CORNU (M.-AL.), Membre de l'Institut, 9, rue de Grenelle, à Paris.

FONTAINE (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme*, 15, rue Drouot, à Paris.

GARIEL (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, 39, rue Jouffroy, à Paris.

MARIÉ-DAVY, Directeur honoraire de l'Observatoire de Montsouris, 42, rue d'Auteuil, à Paris.

RAYMOND, Directeur de l'École professionnelle supérieure de Télégraphie, 23, rue de Maubeuge, à Paris.

Secrétaire général.

PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 75, avenue de la Grande-Armée, à Paris.

Secrétaires.

ARSONVAL (D'), Professeur suppléant au Collège de France, Directeur du Laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris.

HILLAIRET (A.), Ingénieur, Constructeur électricien, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.

HOSPITALIER (ÉDOUARD), Rédacteur en chef de l'*Électricien*, 151 *bis*, rue de Rennes, Paris.

NAPOLI (D.), Ingénieur, Chef du Laboratoire d'essais au chemin de fer de l'Est, 34 *ter*, rue de Dunkerque, à Paris.

SARTIAUX (Eug.). Chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord, 17, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris.

VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.

Trésorier.

DUMOULIN-FROMENT (P.), Constructeur électricien, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.

Membres du Comité.

- | | |
|--|--------------------------|
| GEORGES BERGER, Directeur de l'exploitation de l'Exposition universelle de 1889, 8, rue Legendre, à Paris. | } anciens
Présidents. |
| PAUL LEMONNIER Ingénieur-Constructeur, 45, rue Saint-Pétersbourg, à Paris. | |
| MAURICE LOEWY, Membre de l'Institut, Sous-Directeur de l'Observatoire de Paris, 119 bis, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris. | |
| E. MASCART, Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central Météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris. | |
- ARMENGAUD JEUNE, ancien Président de la chambre syndicale d'Électricité, 23, boulevard de Strashourg, à Paris.
- AYLMER (John), Ingénieur civil, Secrétaire honoraire pour la France de la S. I. I. E. E. de Londres, 4, rue de Naples, à Paris.
- BAUDOT (E.), Ingénieur des Télégraphes, 53, rue de Rennes, à Paris.
- BARON (H.), Administrateur des Postes et Télégraphes, 64, rue Madame, à Paris.
- BECQUEREL (EDMOND), Membre de l'Institut, 57, rue Cuvier, à Paris.
- BOISTEL (Ernest), Ingénieur, Directeur de la *Société l'Eclairage électrique*, 250, rue Lecourbe, à Paris.
- BOUDET DE PARIS (D^r M.), 4, rue de l'Isly, à Paris.
- BOUILHET (C.-H.), Ingénieur-Manufacturier, 56, rue de Bondy, à Paris.
- BOURDIN (J.), Ingénieur, 6, rue Danton, à Levallois-Perret (Seine).
- CAEL (E.), Directeur-Ingénieur à l'Administration des Postes et Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.
- CANCE (AL.), Ingénieur électricien, 9, rue de Rocroy, à Paris.
- CLÉRAC (H.), Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.
- COMBEROUSSE (CH. DE), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'Ecole Centrale, 94, rue Saint-Lazare, à Paris.
- DEHENNE (G.), Directeur de la *Compagnie électrique*, 38, avenue Malakoff, à Paris.
- DELAUNAY-BELLEVILLE (L.), Ingénieur-Constructeur, Membre de la Commission centrale des machines à vapeur, 16, boulevard de Châteaudun, à Saint-Denis (Seine).
- DESROZIERS (E.), Ingénieur civil des Mines, 74, rue Condorect, à Paris.
- DUCRETET (E.), Ingénieur, Constructeur électricien, 75, rue Claude-Bernard, à Paris.
- FAYE (A.), Membre de l'Institut, 95, avenue des Champs-Élysées, à Paris.
- FRIBOURG (G.), Directeur du Matériel et de la Construction des Postes et Télégraphes, 132, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- FRIEDEL (Ch.), Membre de l'Institut, 9, rue Michelet, à Paris.
- GAVARRET (D^r), Professeur de Physique à l'École de Médecine, 73, rue de Grenelle, à Paris.

- GODRON (P.), Directeur des Constructions navales, Surveillance des Travaux confiés à l'Industrie, 18, rue du Vieux-Colombier, à Paris.
- JOUBERT (J.), Professeur au Collège Rollin, 67, rue Violet, à Paris.
- JOUSSELIN (P.-L.), Ingénieur électricien, Inspecteur principal de la Compagnie P.-L.-M., 4, rue Legendre, à Paris.
- KREBS (le Capitaine), 9, boulevard du Palais, à Paris.
- LAUSSEDAT (le Colonel), Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- LIÉBAUT (A.), Ingénieur, Président de la Chambre syndicale des Mécaniciens de Paris, 59, rue Galilée, à Paris.
- LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 4, carrefour de l'Odéon, à Paris.
- LUCAS (FÉLIX), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 19, avenue du Trocadéro, à Paris.
- MAREY (Étienne-Jules), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris.
- MÉNIER (HENRI), fabricant de câbles électriques, 8, rue de Vigny, à Paris.
- MERCADIER (E.), Directeur des Études à l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, Délégué au Laboratoire central d'Électricité, 21, rue Descartes, à Paris.
- MÉRITENS (A. DE), Ingénieur, Constructeur électricien, 44, rue Boursault, à Paris.
- MONNIER (D.), Ingénieur, 1, rue Appert, à Paris.
- MONTIERS (M^e), Chef du Service de la Section française à l'Exposition universelle de 1889, 135, boulevard Malesherbes, à Paris.
- MOUCHEL (J.-O.), fabricant de cuivre pour télégraphie, 10, rue Commynes, à Paris.
- NERVILLE (F^d DE), Ingénieur des Télégraphes, Directeur du Laboratoire central d'Électricité, 116, boulevard Haussmann, à Paris.
- PARVILLE (H. DE), Publiciste scientifique, Ingénieur conseil, Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine.
- PELLAT (H.), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris.
- POSTEL-VINAY (A.), Constructeur électricien, 38, rue Vancau, à Paris.
- RAU (Louis), Administrateur de la *Compagnie continentale Edison*, 7, rue Montchanin, à Paris.
- ROMILLY (DE), ancien Président de la *Société française de Physique*, 8, rue de Madrid, à Paris.
- SÉLIGMANN-LUI (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes, 6, rue Daubigny, à Paris.
- THENARD (baron), Chimiste électricien, 6, place Saint-Sulpice, à Paris.
- TROTIN (ÉMILE), Ingénieur des Télégraphes, 38, quai Henri IV, à Paris.
- VILLARD (TH.), Ingénieur, Président de la *Société centrale du travail professionnel*, 138, boulevard Malesherbes, à Paris.
- VIOLE (J.), Maître de Conférences à l'École Normale, 89, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- WILLIOT (VICTOR), Chef du service technique de la Direction des Travaux de Paris, 12, avenue des Tilleuls, à Vitry (Seine).

Secrétaire du Comité.

- SABOURAIN (J.-A.), Commis principal des Télégraphes, 36, boulevard du Temple, à Paris.

COMMISSION DU BULLETIN.

ARSONVAL (D'), Directeur du Laboratoire de Physiologie au Collège de France,
BOUDET DE PARIS (D^r M.),
DUMOULIN-FROMENT (P.), Constructeur électricien,
HILLAIRET (A.), Ingénieur-Constructeur.
HOSPITALIER (ÉDOUARD), Rédacteur en chef de l'*Électricien*,
LUCAS (FÉLIX), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées,
MERCADIER (E.), Directeur des Études à l'École Polytechnique,
NAPOLI (D.), Chef du Laboratoire d'essais au chemin de fer de l'Est,
NERVILLE (F^d DE), Ingénieur des Télégraphes,
PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures.
SABOURAIN (J.-A.), Commis principal des Télégraphes,
SARTIAUX (EUG.), Chef du Service télégraphique au chemin de fer du Nord,
VASCHY (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes.

COMMISSION DES COMPTES.

BORDET (LUCIEN), Inspecteur des Finances.
BOUILHET (C.-H.), Ingénieur Manufacturier.
BOUSSAC, Inspecteur général des Postes et Télégraphes.

LABORATOIRE CENTRAL D'ÉLECTRICITÉ.

Comité de Direction.

MM.

MASCART (E.), Membre de l'Institut,	<i>Président.</i>
BECQUEREL (ED.), Membre de l'Institut,	<i>Membre.</i>
CARPENTIER (J.), Ancien Ingénieur des Manufactures de l'État,	id.
LEMONNIER (PAUL), Constructeur électricien,	id.
LIPPMANN (G.), Membre de l'Institut,	id.
MÉNIER (H.), Fabricant de câbles électriques,	id.
PICOU (R.-V.), Ingénieur, Secrétaire général de la Société,	id.
RAYMOND, Directeur de l'École professionnelle supérieure de Télégraphie.	id.
VIVAREZ (HENRY), Ingénieur civil des Mines,	id.
SARTIAUX (EUGÈNE), Chef du Service télégraphique au chemin de fer du Nord,	<i>Secrétaire.</i>

Chef du Laboratoire.

NERVILLE (F. DE), Ingénieur des Télégraphes.

Délégué de l'Administration des Postes et Télégraphes.

MERCADIER (E.), Ingénieur des Télégraphes, Directeur des Études à l'École Polytechnique.

LISTE GÉNÉRALE DES MEMBRES

(20 avril 1889).

Les noms des Membres donateurs sont suivis des lettres M. D.; ceux des Membres perpétuels (cotisations libérées), des lettres M. P.; ceux des Membres décédés sont imprimés en italiques.

N. B. — MM. les Membres sont priés de vouloir bien adresser au Secrétariat les corrections à introduire dans la présente liste.

-
- Abadie** (A.), Pharmacien de 1^{re} classe, 36, rue Étienne-Marcel, à Paris.
Abdank-Abakanowicz, 25, rue de la Montagne-Sainte-Genève, à Paris.
Abel (Sir Frederic), C. B., F. R. S., Royal Arsenal, Woolwich, London. M. P.
Abney (le capitaine), R. E., F. R. S., South Kensington Museum, London S. W.
Aboilard (Georges), 18, rue Montmartre, à Paris.
Aboilard (Louis), Constructeur électricien, 76, avenue de Villiers, à Paris.
Abram (Félix), Banquier, vico-président du Conseil général des Bouches-du-Rhône, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Achard (Auguste), 189, rue Lafayette, à Paris.
Ackere (G. Van), Constructeur électricien, 13, rue Esquermoise, à Lille.
Adams (William Grylls), Professeur, F. R. S., 43, Notting Hill Square, London W.
Adjarian (H.), Électricien, 125-127, Grande-Rue de Péra, à Constantinople (Turquie).
Admirallie (Axel), Ingénieur-Directeur de la *Belgian Thomson Houston electric Company*, 22, chaussée de Wavre, à Bruxelles (Belgique).
Agémian (Mighirditch), Chef du Bureau des Ingénieurs au Département des Postes et des Télégraphes ottomans, à Constantinople (Turquie).
Albuquerque (Francisco d'), à Porto (Portugal).
Alglave (Émile), 27, avenue de Paris, à Versailles (Seine-et-Oise).
Algren (Tönnes), Ingénieur de la Direction des Chemins de fer de l'État, 25, rue de Linné, à Stockholm (Suède).
Alibert (François-Bertrand), Ingénieur électricien, à Castelnaudary (Aude).
Allain (Charles-Marie), Électricien (décédé en avril 1889).
Allaire (Edmond), Professeur de Sciences, 17, rue Myrha, à Paris.
Alleaume (Georges), Minotier, à Soulaire, par Jouy (Eure-et-Loir).
Ameye (Camille) à Iseghem (Belgique).
Amoric (Francis-Alexandre), Agent technique du Télégraphe à la Compagnie universelle du Canal de Suez, à Ismaïlia (Égypte).
Amsler-Lafon (J.), à Schaffhouse (Suisse).
Anastassin (Jean-Ch.), de Galatz, Ingénieur électricien-mécanicien, 45, rue du Bosquet, à Liège N. (Belgique).
André (Charles-Louis), Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'observatoire de Lyon, à Saint-Genis-Laval (Rhône).

- Andréani** (Jacques-Lucien), Directeur de la *Société anonyme d'Électricité*, 51, rue de La Bruyère, à Paris.
- Andrieu** (E.), Commis principal des Télégraphes, 30, rue Lamouroux, à Agen (Lot-et-Garonne).
- Anterrieu** (Émile), Membre du Conseil général de l'Hérault et Conseiller municipal, 7, rue Boussairolles, à Montpellier (Hérault).
- Antony** (J.), Horloger, Électricien constructeur, 17, rue Henri-Martin, à Alger (Algérie).
- Aparicio** (Don José), Directeur des Télégraphes, Représentant de la *Compagnie Direct-Spanish Telegraph*, Secrétaire honoraire et Trésorier local de la S. I. E. E. de Londres, plaza de las Salesas, 2, à Madrid (Espagne).
- Arbate** (A.), 11, rue Jacquemont, à Paris.
- Archat** (Paul), 49, avenue Parmentier, à Paris.
- Arcos** (Antoine de), Professeur à l'École Polytechnique, à Guatemala (Amérique centrale).
- Arendt** (Charles), Ingénieur honoraire des Mines, 8, rue Trappée, à Liège (Belgique).
- Argyropoulos** (Timoléon-A.), Professeur de Physique près l'Université d'Athènes, 59, rue d'Eole, à Athènes (Grèce).
- Arizpe** (Rafael.-R.), Ingénieur, 35, rue Cambon, à Paris.
- Arlicourt* (vicomte Ludovic d'), Ingénieur électricien (décédé en 1884).
- Armengaud** aîné (Charles-Eugène), 45, rue Saint-Sébastien, à Paris.
- Armengaud** jeune, Ingénieur civil, 23, boulevard de Strasbourg, à Paris. M. P.
- Arnaud** (J.-L.), Commis des Télégraphes, Bureau central des Télégraphes, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Arnould** (Ernest), Ingénieur électricien, 37, rue d'Enghien, à Paris.
- Arnoux** (R.), 30, boulevard Victor-Hugo, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Arnoye** (Léon), Professeur de Physique, 40, rue Gasseras, à Montauban (Tarn-et-Garonne).
- Arsonval** (Dr A. d'), Professeur suppléant au Collège de France, Directeur du laboratoire de Physique biologique, 28, avenue de l'Observatoire, à Paris.
- Artimini** (Antonius), villa Artimini, à Firenze (Italie).
- Assche** (François Van), Pharmacien-Chimiste, 13, quai de la Bourse, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Aubert** (Auguste-Jean-Jacques), Fabricant d'horlogerie, constructeur du Compteur d'électricité, système A. Aubert, 7, place Saint-François, à Lausanne (Suisse).
- Aubineau** (J.), Administrateur de la *Société des câbles électriques*, 23, rue du Cherche-Midi, à Paris.
- Aubout** (Léon), Fabricant de piles zinc et de fournitures pour sonneries électriques, 28, rue de Belleyne, à Paris.
- Audibertières* (d') (décédé en 1885).
- Audouy** (Ch.), 61, rue de la Victoire, à Paris.
- Augé** (Daniel), 14, rue de Hambourg, à Paris.
- Aupinel** (Paul), Commis des Télégraphes, à Paris-Auteuil.
- Avenarius** (M.), Professeur à l'Université de Kief (Russie).
- Avril** (Louis-Charles-René), Ingénieur électricien, attaché à la Maison V. Daix, à Saint-Quentin (Aisne).
- Aylmer** (John), Ingénieur électricien, 4, rue de Naples, à Paris.
- Aylmer** (Richard) Ingénieur civil, M. Inst. C. E., Délégué général de la *Société inter-*

nationale des Électriciens, 42, Parliament street, Westminster, London S. W.
(Angleterre).

Aznar-Cabanas (François), Docteur en Médecine et Chirurgie, 67, San Andres, à La Coruña (Espagne).

Babillot (Gabriel), Ingénieur, Constructeur mécanicien, 26, rue de la Briche, à Saint-Denis (Seine).

Bablon (V.), 42, rue Boulard, à Paris.

Baboulet (Germain L.-M.), Ingénieur des Télégraphes, 5, rue du Collège, à Nice (Alpes-Maritimes).

Baccu (Désiré-Grégoire-Louis), Directeur de l'Usine à gaz, à Alost (Belgique).

Bach (Louis-Jean-Justin), Docteur en médecine de la Faculté de Paris, 18, rue d'Angoulême, à Paris.

Bæcker (Henri de), Ingénieur, 4, rue d'Hauteville, à Paris.

Baille (J.-B.), Répétiteur à l'École Polytechnique, 26, rue Oberkampf, à Paris. M. P.

Baillehache (de), Ingénieur électricien, 54, boulevard Pereire, à Paris.

Bancelin (Edme-Henry), Ingénieur-constructeur électricien, 182, boulevard de la Villette, à Paris.

Banderali (David), Ingénieur, Chef du service central au Chemin de fer du Nord, 7, rue de La Bruyère, à Paris. M. P.

Bandsept (Albert), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 58, chaussée de Wavre, à Bruxelles (Belgique). M. P.

Banneux (J.), Ingénieur en chef des Télégraphes belges, à Bruxelles (Belgique).

Baour (Emmanuel-D.), 39, cour du Pavé-des-Chartrons, à Bordeaux (Gironde).

Bapst (Henri), 17, rue Saint-Augustin, à Paris.

Bapst (Jules), Président du Conseil d'administration du *Journal des Débats*, 20, rue des Capucines, à Paris.

Bar (Émile), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Arras (Pas-de-Calais).

Baradel (Léon), Contrôleur des lignes télégraphiques, à Lyon (Rhône).

Baraguey (Lucien), Négociant, à la Neuve-Lyre (Eure).

Baranger (Aurélien), 3, rue Louis-le-Grand, à Paris.

Barbey (Lucien), Sous-Chef au Laboratoire de la Compagnie des chemins de fer de l'Est, 28, rue Philippe-de-Girard, à Paris.

Barbier (E.), Chimiste électricien (piles Leclanché) (décédé le 31 mai 1887).

Barbier (F.), Ingénieur, Constructeur de phares électriques, 82, rue Curial, à Paris.

Barbier (Léon), Électricien, 31, boulevard des Italiens, à Paris.

Barbier (Robert-Paul), constructeur, 39, rue de l'Arcade, à Paris.

Bardon (Louis), 61, boulevard National, à Clichy (Seine).

Bardy (Ch.), Directeur du Laboratoire au Ministère des Finances, 26, rue du Général-Foy, à Paris.

Barker (George-F.), Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, Locust str. 3909, à Philadelphie (U. S. A.). M. P.

Barnard (Alexandre-J.), Chef de section au chemin de fer de l'État, 8, rue Godecharles, à Bruxelles (Belgique).

Baron (H.), Directeur à l'Administration des Postes et Télégraphes, 64, rue Madame, à Paris.

- Barradas** (J.-A.-Ev.), Négociant, 160, rua da Alfandega, à Lisbonne (Portugal).
- Bary** (Paul), Ingénieur physicien, ancien Élève de l'École de Physique et de Chimie de la Ville de Paris, 5, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Bassée-Crosse**, Fabricant d'instruments de Physique, 92, rue de Bondy, à Paris.
- Bassié** (Michel), Représentant de la *Compagnie continentale Edison*, 26, rue Sainte-Colombe, à Bordeaux (Gironde).
- Batail** (Bernard), Fabricant d'appareils électriques, à Branne (Gironde).
- Baudelle** (Henri), Ingénieur des Arts et Manufactures, 12, rue de la République, à Troyes (Aube).
- Bandement** (Théophile), 37, avenue Labourdonnais, à Paris.
- Baudet** (Cloris), Électricien, 14, rue Saint-Victor, à Paris.
- Baudet** (Louis), fabricant de bijouterie, au Moulin à Tan, à Châteaudun (Eure-et-Loir).
- Baudot** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 53, rue de Rennes, à Paris.
- Baudoux-Chesnon** (Lucien-Léon), Ingénieur des Arts et Manufactures, 17, boulevard Montmorency, à Paris.
- Baume-Pluvinel** (Aymar de la), 20, rue de Courcelles, à Paris.
- Bayet** (Maurice), Ingénieur électricien, 2, boulevard Saint-Martin, à Paris.
- Bazerque** (L.), Horloger des Postes, 115, cours d'Alsace-et-Lorraine, à Bordeaux (Gironde).
- Bazin** (Auguste), 21, rue Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Bazin** (Ernest), 10, place Péreire, à Paris.
- Beau** (Henri), 226, rue Saint-Denis, à Paris.
- Beaufils** (Magloire-François), Contrôleur des Télégraphes, 108 *bis*, rue de Rennes, à Paris.
- Becquerel** (Edmond), Membre de l'Institut, 57, rue Cuvier, à Paris.
- Becquerel** (Henri), Répétiteur à l'École Polytechnique, 57, rue Cuvier, à Paris.
- Bede** (Émile), Ingénieur, ancien Professeur à la Faculté des Sciences et à l'École des mines de Liège, 41, rue du Marteau, à Bruxelles (Belgique).
- Béjar* (Alexandre de) (décédé en 1886).
- Belenfant** (Dominique), Commis principal des Télégraphes, 21, rue Thiers, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Belfield** (Reginald), Great Barrington, Massachusetts (U. S. A.).
- Bellanger** (J.), Commis principal des Télégraphes, 84 *ter*, rue Raspail, à Bois-Colombes (Seine).
- Bellemare** (V.), à Chambray, par Pacy (Eure).
- Belleville** (J.), Ingénieur-Constructeur, ateliers et chantiers de l'Ermitage, à Saint-Denis (Seine).
- Bellieni** (H.), Constructeur d'instruments de précision, 17, place de l'Académie, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Bellot** (Arsène-Henri), Sous-Archiviste au Conseil d'État, 4, rue Fontanes, à Courbevoie (Seine).
- Bélugou** (Victor), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.
- Bénard** (Louis-Gabriel), Constructeur électricien breveté, 12, rue Bridaine, à Paris.
- Benito Alcina y Ramé** (Dr), Professeur à la Faculté de Médecine de Cadix, 67, Sacramento, à Cadix (Espagne).
- Bennett** (James-Gordon), Directeur de la Société des câbles *Mackay-Bennett*, 120, avenue des Champs-Élysées, à Paris.

- Berbinau** (Guillaume-Hippolyte), Capitaine de frégate en retraite, à Duras (Lot-et-Garonne).
- Berger** (C.), 16, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Berger** (Georges), Commissaire général de l'Exposition internationale d'électricité de Paris en 1881, Directeur général de l'Exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Membre du Conseil de perfectionnement du Conservatoire national des Arts et Métiers, Administrateur délégué de la Maison Breguet, 8, rue Legendre, à Paris. M. D., M. P.
- Berget** (Alphonse), Docteur ès Sciences, attaché au Laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne, 14, avenue des Gobelins, à Paris.
- Bergon**, ancien Directeur du matériel et de la construction, au Ministère des Postes et Télégraphes, 56, rue Madame, à Paris.
- Berjot**, Ingénieur électricien, 48, rue Gay-Lussac, à Paris.
- Berla** (V^e J.-B.), 62, rue de Provence, à Paris.
- Berlier** (Jean-Baptiste), Ingénieur civil, 65, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Berly** (Jules-Albert), 3, Deronda Road, Herne Hill, London, S. E.
- Bernard** (F.), 28, rue de la Côte Saint-Thibault, à Bois-Colombes (Seine).
- Bernheim** (Edmond), Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur de la *Société générale des Téléphones*, 51, rue Miromesnil, à Paris.
- Berrioux** (Alexandre), ex-Chef de bataillon, à Bordeaux (Gironde).
- Berthet** (Alfred-Eug.), appareillage en bronze pour Lumière électrique, 34, rue Philippe-de-Girard, à Paris.
- Berthon** (A.), Directeur de la *Société générale des téléphones*, 51, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Berthoud** (Édouard), à Cortaillod (Suisse).
- Bertolus** (Charles), Électricien, 8, place St-Charles, à St-Étienne (Loire).
- Bertou** (Camille), 11, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris.
- Bertrand** (Adolphe), Chef de station aux lignes télégraphiques, à Valona (Turquie).
- Besson** (D^r E.), 84, boulevard Saint-Michel, à Paris.
- Besson** (Léon), Officier de Marine, 9, rue Chaptal, à Paris.
- Best** (Alberto), Ingénieur civil, M. S. I. A. du Mexique, Professeur d'Électricité à l'École des Mines, Délégué du Mexique au Congrès d'Électriciens de Paris en 1889, Calle del Espiritu Santo Cetra G., à Mexico (Mexique).
- Betts** (Walter), Directeur de la *Compagnie française du télégraphe de Paris à New-York*, à Saint-Pierre-Miquelon.
- Bianchi** (Célestin-Georges), Ingénieur civil, à Rio Grande do Sul (Brésil).
- Bianchi* (François), Électricien à la *Compagnie générale transatlantique* (décédé en 1885).
- Bidault** (Léon), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 27, cours du Parc, à Dijon.
- Bidwell** (Shelford), M. A., L. L. B., F. R. S., Riverstone Lodge, Wandsworth, London S. W. M. P.
- Bienvenu** (Henri), Receveur des Télégraphes à la gare, Lyon-Perrache (Rhône).
- Biervliet** (Van), Docteur ès Sciences physiques et mathématiques, 39, rue des Joyeuses-Entrées, à Louvain (Belgique).
- Binet** (Ludovic), A. S. T. E., Contrôleur du télégraphe aux chemins de fer de l'Ouest, 31, rue Casimir, à Asnières (Seine).

- Binet** (Louis-Hézar), Représentant de la maison Ménier, 7, rue du Théâtre, à Paris.
- Bischoffsheim** (R.), 3, rue Taitbout, à Paris.
- Bizot** (Joseph), Receveur des Postes et Télégraphes, à Aix (Bouches-du-Rhône).
- Blackwood-Price** (Henri-B.), Sous-Directeur du *Eastern Telegraph*, A. S. T. E., 12, via Carintia, à Trieste (Autriche).
- Blakesley** (Thomas-Holmes), M. Inst. C. E., M. A., 13, Castletown Road, West Kensington, London S. W.
- Blanchon** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, 1, rue Saint-Joseph, à Lyon (Rhône).
- Blavier** (E.-E.), Inspecteur général des Télégraphes (décédé le 14 janvier 1887).
- Blazy** (Albert), 15, rue de Turbigo, à Paris.
- Blétry** (Alphonse), Ingénieur civil, 2, boulevard de Strasbourg, à Paris.
- Blétry** (Constant), Ingénieur civil, 2, boulevard de Strasbourg, à Paris.
- Bloch** (D^r Adolphe), 10, boulevard Poissonnière, à Paris.
- Bochet** (Adrien-Claude-Antoine-Marie), Ingénieur chez MM. Sautter, Lemonnier et C^{ie}, 29, rue Fresnel, à Paris.
- Bocquentin**, Directeur des Télégraphes, à Evreux (Eure).
- Boireaux**, Lieutenant de vaisseau, à Cherbourg (Manche).
- Boisard** (Louis), Professeur de Physique au Lycée de Besançon (Doubs).
- Bois-Reymond** (E. du), Professeur et Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, 15, Neue Wilhemstrasse, à Berlin N. W. (Allemagne).
- Boissoudy** (Adrien de), Architecte, 83 bis, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Boistel** (G.), Ingénieur civil (décédé le 1^{er} février 1888).
- Boistel** (Ernest), Directeur de la *Société l'Éclairage électrique*, 250, rue Lecourbe, à Paris.
- Boivin** (A.), constructeur électricien, Président de la Chambre syndicale des Entrepreneurs et Constructeurs électriciens, 16, rue de l'Abbaye, à Paris.
- Bolton** (F.), Directeur du Télégraphe sous-marin *Eastern-Telegraph C^o*, 12, via Carintia, à Trieste (Autriche).
- Bolton* (Colonel Sir Francis), C. E. Secrétaire honoraire de la *Société des Ingénieurs télégraphistes et électriciens anglais* (décédé en 1886).
- Bonaparte** (prince Roland), 22, Cours-la-Reine, à Paris.
- Bonfante** (F.), Ingénieur électricien, 4, rue de l'Écluse, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Bonfante* (Thomas), Électricien (décédé en 1888).
- Bonnaffé** (L.) à Lacauue, près Castres (Tarn).
- Bonnefis** (L.), à Valence d'Agen (Tarn-et-Garonne).
- Bonnefoy* (J.-B.) (décédé le 18 août 1887).
- Bonnet** (Enrique), à Cadix (Espagne).
- Bonnet-Delaville** (D^r), Directeur de la villa Exelmans, 83, rue Saint-Honoré, à Paris.
- Bonnevie** (Prosper), Industriel, Consul de la République de l'Uruguay, 128, rue des Palais, à Bruxelles (Belgique).
- Bontemps* (Charles), Ingénieur des Télégraphes (décédé le 7 mai 1884).
- Borderel** (Jean), Constructeur, 135, rue de Clignancourt, à Paris.
- Bordes** (Henri), Administrateur de la *Compagnie bordelaise de navigation à vapeur*, à Bordeaux (Gironde).
- Bordet** (Lucien), Inspecteur des Finances, 181, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Borel** (D^r François), Ingénieur, à Cortaillod (Suisse).

- Borel-Martinaud**, Électricien, 51, rue Rennequin, à Paris.
- Borges** (F.-Julio), Agronome, 17, calçada d'Ajuda, à Lisbonne (Portugal).
- Borges** (Gerardo-M.), Maestro de Telegrafia, à Caracas (Venezuela).
- Borns** (D^r), Friedheim Springfield Rd Wimbledon, London, S. W. (Angleterre).
- Boscowitz** (A.-J.) (décédé en août 1884).
- Bosquet** (Louis), Électricien attaché à l'usine Ménier, 7, rue du Théâtre, à Paris.
- Bosscha** (J.), Directeur de l'École Polytechnique, à Delft (Pays-Bas).
- Bouchède** (Jean), Sous-Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Perpignan (Pyrénées-Orientales).
- Boucher** (Ant.), Ingénieur électricien, Directeur du journal *le Monde de la Science et de l'Industrie*, à Lausanne (Suisse).
- Boudet de Paris** (D^r), 4, rue de l'Isly, à Paris.
- Bouilhet** (Ch.-H.), Ingénieur manufacturier, 56, rue de Bondy, à Paris.
- Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, 12, rue de Siam, à Paris.
- Boulloche** (Charles-Henri-Alfred de), 4, rue de Greffulho, à Paris.
- Bourdelles**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, attaché à la direction des Phares, 22, rue d'Édimbourg, à Paris.
- Bourdin** (Charles-Louis), 13, avenue de la République, à Paris.
- Bourdin** (Jules), Ingénieur, 6, rue Danton, à Levallois-Perret (Seine).
- Bourdon père** (Eug.) (décédé en 1885).
- Bourgery** (Henri), Notaire, à Nogent-le-Rotrou (Eure-et-Loir).
- Bourrut-Duvivier** (F.-Eug.-J.-L.-Ed.), Professeur de Physique à l'École navale, 89, rue de Siam, à Brest (Finistère).
- Bourry** (Émile), Ingénieur, Rédacteur en chef du journal *le Céramiste*, 80, rue Taitbout, à Paris.
- Boursault** (Henri-Alexandre-Octave), attaché au laboratoire de Chimie du Chemin de fer du Nord, 10, rue Stephenson, à Paris.
- Boussac**, Inspecteur général des Postes et Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris.
- Boutard**, Directeur des Postes et Télégraphes, à Quimper (Finistère).
- Bouvier** (Ad.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 65, cours d'Herbonville, à Lyon (Rhône).
- Braby** (Frédéric), F. G. S., Bushey Lodge, Teddington, London W. (Angleterre).
- Brachet** (Henri), 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine).
- Brait de la Mathe** (Étienne-Gaston), Directeur de la fabrication des câbles électriques aux usines Rattier (*Société générale des Téléphones*), à Bezons (Seine-et-Oise).
- Brait de la Mathe** (Frédéric-Henri), Chef du Laboratoire des essais électriques aux usines Rattier (*Société générale des Téléphones*), à Bezons (Seine-et-Oise).
- Branly** (Édouard), Docteur ès Sciences, Docteur en Médecine, 42, avenue de Breteuil, à Paris.
- Branville** (P. de), Ingénieur civil, constructeur d'appareils téléphoniques, 25, rue de la Montagne-Sainte-Geneviève, à Paris.
- Bratt** (Hugo), Commissaire aux Télégraphes de l'État, à Stockholm (Suède).
- Brault** (Camillo), Ingénieur des Mines, 105, rue Saint-Lazare, à Paris.
- Bréguet** (Louis), Membre de l'Institut (décédé le 29 octobre 1883).
- Bresson** (L.), Ex-Directeur de l'usine à gaz, Entrepreneur, 8, rue Neuve, à Valence (Drôme).

- Bright** (Edward-B.), M. Inst. C. E., 31, Golden square, London W. (Angleterre).
Bright (Sir Charles), M. Inst. C. E. (décédé en 1888).
Bright fils (Charles), The India Rubber Work, Silvertown, London, E. (Angleterre).
Brillié (Lucien-Victor), 47, rue de Flandre, à Paris.
Brillouin (André), Ingénieur, 78, rue de Monceaux, à Paris.
Brix (Dr Ph.-Wilhelm), Ingénieur des Télégraphes R. P. A., à Charlottenburg, près de Berlin (Allemagne).
Brocard (Marc), Instituteur, à Forel-Lavaud, canton de Vaud (Suisse).
Broch (Dr), Ancien ministre, Professeur à l'Université de Christiania (décédé en février 1889).
Brugère (Henri), 3, rue de Lille, à Paris.
Brugnaud, Contrôleur des Télégraphes, 63, rue Pasteur, à Dôle (Jura).
Bruhl (Paul), négociant, 57, rue de Châteaudun, à Paris.
Brüll (Achille), Ingénieur civil, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils*, 117, boulevard Malesherbes, à Paris.
Brunet (Auguste), Receveur des Postes et des Télégraphes, à Haï-Dzuong (Tonkin).
Brylinski (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 58, rue Jacob, à Paris.
Buchin (Auguste), Ingénieur électricien, 11, rue Rolland, à Bordeaux (Gironde).
Buchsenmeister (André), Ingénieur électricien, à Kinechma, gouvernement de Kostrova (Russie).
Buffe (Armand), Horloger électricien, 8, rue Arago, à Alger (Algérie).
Bugnet (Abel), Directeur du *Journal de Chimie, de Physique et d'Histoire naturelle élémentaires*, Professeur au Prytanée militaire, à La Flèche (Sarthe).
Burgue (Josh de), Ingénieur, 98, rue Lafayette, à Paris.
Bussi (M.) (décédé le 8 novembre 1884).
- Cabanellas* (Gustave), ancien Officier de marine, Ingénieur électricien (décédé le 10 octobre 1888).
Cabral (Paul-Benjamin), Inspecteur général des Télégraphes et des Phares de Portugal, rua d'Entre Muros, 77-1°, à Lisbonne (Portugal).
Cadiot (Emmanuel-Horace), 44, rue Taitbout, à Paris.
Cadiou (Félix), École professionnelle supérieure de Télégraphie, 103, rue de Grenelle, à Paris.
Caël (E.), Directeur-Ingénieur des Postes et Télégraphes de la région de Paris, 103, rue de Grenelle, à Paris.
Cahen (Albert), Ingénieur, 1, boulevard Saint-Denis, à Paris.
Cail (Casimir), Ingénieur électricien, Chef du service télégraphique de la ligne Sewastopol-Ekaterinoslaw, à Sewastopol (Russie).
Cailhava (Édouard), Ingénieur civil, 8, cours de Gourgues, à Bordeaux.
Cailho, Ingénieur des Télégraphes, à Montpellier (Hérault). M. P.
Cailleret (Henry), Contrôleur des Télégraphes, 18, rue d'Estrées, à Paris.
Caillly (E.), Employé (décédé en août 1886).
Calais (Louis), 38, rue Grand-Chemin, à Cette (Hérault).
Caméré (A.), Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, à Vernon (Eure).
Cance (Alexis), Ingénieur électricien, 9, rue de Rocroy, à Paris.
Cantacuzène (J.-A.), 73, calca Victoriei Casa frauz Jean, à Bucharest (Roumanie).

- Capsa** (colonel L.-M.), à Berlad (Roumanie).
Carabano (Doctor y General Miguel), à Caracas (Venezuela).
Cardot (Abel), Juge au Tribunal, à Bône (Algérie).
Carl (D^r Ph.), Professeur, 158, Theresienstrasse, à Munich (Bavière).
Carlier (Victor), Électricien constructeur, à Cambrai (Nord).
Carpentier (J.), ancien Ingénieur des Manufactures de l'État, successeur de Ruhmkorff,
34, rue du Luxembourg, à Paris. M. D., M. P.
Carré (Charles-Stéphen), 205, rue Saint-Honoré, à Paris.
Carré (Georges), Librairo-Éditeur, 58, rue Saint-André-des-Arts, à Paris.
Carrizosa (Camilo A.), Secrétaire-Trésorier de la Société des Téléphones, Boîte à poste
119, à Bogota (Colombie).
Cartault (Paul), 18, rue de Verneuil, à Paris.
Casalonga (D.-A.), Ingénieur civil, Directeur de la *Chronique industrielle*, 15, rue des
Halles, à Paris.
Cassagne (Auguste), étudiant électricien, 24, Grand'Rue, à Agde (Hérault).
Cassagnes (Alfred-G.), Ingénieur civil, Directeur des *Annales industrielles*, 18, rue
Lafayette, à Paris.
Castan (Adrien), Ingénieur civil, à Montauban (Tarn-et-Garonne).
Castanheira das Neves, Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des
Électriciens*, Rua do Salitre, 405-3°, à Lisbonne (Portugal).
Castro (Jules de), 26, avenue de l'Opéra, à Paris.
Cattaneo (chevalier Robert), Direttore della *Società di Monteponi*, Délégué général de
la *Société internationale des Électriciens*, 7, via Lagrange, à Turin (Italie).
Cauderon (Emile), Propriétaire, 12, rue Cassette, à Paris.
Cazorla Vega (Miguel), Officier des Télégraphes, à Malaga (Espagne).
Cedergren (Henrik-Thore), Directeur de la *Société générale des Téléphones*, à Stock-
holm (Suède).
Cernuschi (Henri), 7, avenue Velasquez, à Paris.
Cerutti (Joseph), Opticien-Constructeur, 1, rue Montorge, à Grenoble (Isère).
Chabert (L.), 2, rue de Lisbonne, à Paris.
Chabot (Herman), Agent commercial de la *Société industrielle d'Électricité*, 115,
chaussée de Vleurgat, à Bruxelles (Belgique).
Chabrier (E.), Administrateur de la *Compagnie générale transatlantique*, 4, avenue du
Coq, à Paris.
Chalier (J.), 13, rue d'Aumale, à Paris.
Chambers (Joseph), *The National Telephone Company*, Leeds (Angleterre).
Chambers (J.-A.), *Lancashire and Cheshire Telephone Co*, Blackburn (Angleterre).
Chambre (Alan), M. I. T. E., General Post Office, London, E. C. (Angleterre). M. P.
Chameroy (Hippolyte), Électricien, 89, avenue Centrale, au Vésinet (Seine-et-Oise).
Chanson (Léopold), à Condom (Gers).
Chaperon (Charles-Émile), Ingénieur civil, Inspecteur principal adjoint à la Compagnie
P.-L.-M., 33, rue de la Bienfaisance, à Paris.
Chaperon (G.), Ingénieur des Mines, Inspecteur du travail dans l'industrie, 21, rue
Descartes, à Paris.
Chardin (Charles), Ingénieur électricien, 5, rue de Châteaudun, à Paris.
Chassevent (Henry-Marie-Camille), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, boulevard
de Magenta, à Paris.

- Chatard** (A.), Président de la *Société industrielle et commerciale Edison*, 40, rue de Berlin, à Paris.
- Chaudron** (L.), Électricien, 229, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Chaussonot** (Henri), Ingénieur de la *Compagnie continentale Edison*, 14, rue Vintimille, à Paris.
- Chauvassaignes**, Ingénieur des Postes et Télégraphes, 10, rue Royale, à Paris. M. P.
- Chauvelon**, Ingénieur des Télégraphes, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Chauvin** (Eugène-M.), 40, rue de Saint-Germain, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
- Chavannes** (Roger), Ingénieur, 8, chemin Saint-Roch, à Lausanne (Suisse).
- Chêneau** (E.), usines Torilhon et C^{ie}, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).
- Chéron** (Paul), Interne des hôpitaux de Paris, 4, cité Condorcet, à Paris.
- Chéron** (Jules), Docteur en Médecine et Docteur ès Sciences, 45, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Cheronnet** (Maurice), Ingénieur des Arts et Manufactures, 102, avenue de Villiers, à Paris.
- Cheux** (Pierre-Antoine), ex-Pharmacien major de l'armée, à Ernée (Mayenne).
- Chevard** (Henry), Ingénieur civil, à Rochefort-sur-Mer (Charente-Inférieure).
- Chevki** (Ahmed), Ingénieur des Télégraphes ottomans, à Constantinople (Turquie).
- Cheylys**, Directeur de l'Office des Postes et des Télégraphes de la Régence de Tunis, à Tunis (Tunisie).
- Choquette** (abbé C.-P.), Professeur de Physique, à Saint-Hyacinthe (Canada). P. Q.
- Chossier** (A.) (décédé en 1886).
- Choubry** (Eugène), à Nuits (Côte-d'Or).
- Chrétien** (J.), 87, rue de Monceau, à Paris.
- Chrétien** (Paul-Charles), Conducteur des Ponts et Chaussées, Chef du service de l'éclairage électrique de l'Hôtel de Ville, 15, rue de Boulaivilliers, à Paris.
- Christoffe** (Paul), 56, rue de Bondy, à Paris.
- Cieszkowski** (comte Auguste), Membre de l'Académie des Sciences de Cracovie, etc.. à Wierzenica, près Posen (Prusse).
- Cini** (Giuseppe), Ingénieur électricien, 12, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Clamond** (C.), Ingénieur électricien, 15, rue Picot, à Paris.
- Clark** (Latimer), M. Inst. C. E., 6, Westminster-Chambers, Westminster, London S. W. M. P.
- Clark** (Thomas Sutton), *Lancashire and Cheshire Telephonic C^o*, 38, Faulknerstreet, Manchester (Angleterre).
- Clausius** (R.), Professeur de Physique à l'Université de Bonn (décédé le 26 août 1888).
- Cleghorn** (John), 3, Spring Gardens, London S. W. (Angleterre).
- Clément** (Gustave), Appareilleur d'électricité (décédé en 1885).
- Clérac** (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.
- Clerc** (L.), Directeur de la Station centrale Edison, dite Station Drouot, 8, rue du Faubourg-Montmartre, à Paris.
- Clifton** (Robert-Bellamy), Portland Lodge, Park Town, Oxford (Angleterre). M. P.
- Closset** (Émile), Ingénieur, 157, boulevard du Hainaut, à Bruxelles.
- Cochery** (Adolphe), Sénateur, 38, avenue d'Iéna, à Paris.
- Cochery** (Georges), Député, 38, avenue d'Iéna, à Paris.
- Coget** (Charles), Industriel, 2, quai National, à Puteaux (Seine).
- Cohen** (B.), Ingénieur civil, ancien élève de l'École Polytechnique, 80, rue Saint-Lazare, à Paris.

- Coiseau** (L.), Ingénieur civil, 3, rue de l'Esplanade, à Anvers. M. P.
- Coisplet** (Eugène-Louis), Propriétaire, 2, rue du Vieux-Pavé, à Droux (Eure-et-Loir).
- Colacicchi** (Raphaël), Ingénieur, Directeur général de la *Società italiana di Telefoni e applicazioni elettriche*, 24, via Medina, à Naples (Italie).
- Colin** (Jean-Baptiste), Contre-maitre électricien de la maison Sautter-Lemonnier et C^{ie}, 73, avenue Bosquet, à Paris.
- Collette** (J.-M.), Ingénieur, Chef du service technique des Télégraphes des Pays-Bas, La Haye (Pays-Bas).
- Collin** (Georges), Inspecteur à la *Société générale des Téléphones* (décédé le 15 novembre 1887).
- Colusse** (Edmond-Magloire), Électricien, 11, rue Bridaine, à Paris.
- Combaluzier**, Commis des Télégraphes (décédé en 1886).
- Comberousse** (Ch. de), Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers et à l'École Centrale, 94, rue Saint-Lazare, à Paris. M. P.
- Comerma** (André-A.), au Ferrol (Espagne).
- Compagnie des Bateaux parisiens** (l'Administrateur délégué de la), 125, avenue de Versailles, à Paris.
- Compagnie houillère** (le Directeur de la), à Bessèges (Gard).
- Conod** (L.), Horloger, 33, avenue Victor-Hugo, à Valence (Drôme).
- Conrad** (Alfred), Propriétaire, à Vignot, près de Commercy (Meuse).
- Cooper** (Charles-Friend), Telegraph Works, Pownall Road Dalston, London E.
- Constantin** (Jean), 8, rue Cornavent, à Villeurbanne (Rhône).
- Constantinis** (Albert-Abraham), ancien élève de l'École supérieure de Télégraphie, Ingénieur électricien attaché à la *Société Générale d'Entreprises*, à Athènes (Grèce).
- Contades** (baron Jacques-René-Méry de), Propriétaire, 4, rue Grandet, à Angers (Maine-et-Loire).
- Conti** (A.-E.), via Arsenale, à Gènes (Italie).
- Corgne** (A.), hôtel de la Plage, à Dieppe (Seine-Inférieure).
- Cormillot** (Jules-Auguste), Électricien (décédé en 1885).
- Corneloup** (Octave-Antoine), Ingénieur civil (décédé le 22 décembre 1887).
- Cornet** (J.), 150, boulevard de Grenelle, à Paris.
- Cornette** (Henri), Électricien, 23, rue Michel-le-Comte, à Paris.
- Cornu** (Marie-Alfred), Membre de l'Institut, 9, rue de Grenelle, à Paris.
- Cornuault**, Directeur de la *Compagnie du Gaz de Marseille*, Président de la *Société technique de l'Industrie du gaz en France*, 21, rue de Madrid, à Paris.
- Cosmovici** (Alexandre-C.), Ingénieur en chef du Bureau technique des Chemins de fer Roumains, gare du Nord, à Bucharest (Roumanie).
- Cosmovici** (Léon-C.), Docteur ès Sciences, Professeur de l'Université, à Jassy (Roumanie).
- Costa** (Joseph), Ingénieur civil, 10, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris.
- Coulgeans** (Durousseaud de), à Kompot (Cambodge).
- Coulon** (R. de), Fabrica Uruguay-Concordia (entre Rios) (République argentine). M. P.
- Couret Pléville** (décédé en 1886).
- Courjon** (D^r A.), à Moyzieu (Isère).
- Courquin** (abbé Art.), Professeur de Physique industrielle à l'Institut du Sacré-Cœur, à Tourcoing (Nord).

- Courtél** (Léopold-Marie), à Louvigné-du-Désert (Ille-et-Vilaine).
Courtois de Langlade (décédé en 1885).
Courtois (Louis), Ingénieur de la *Compagnie R. asturienne*, à Auby-lès-Douai, par Flers-en-Escrebieux (Nord).
Courtot (Camille), de la Maison Lisso et C^{ie}, à Chaumont (Haute-Marne).
Courtoy, Professeur de Physique et de Chimie à l'École vétérinaire de l'État, 47, rue Barra, Curreghem, à Bruxelles (Belgique).
Couteux (Léon), 6, rue des Archives, à Paris.
Couturier (Paul), Curé de la Motte-Saint-Jean, par Digoin (Saône-et-Loire).
Couvreux (Abel), 78, rue d'Anjou, à Paris.
Crapon (Denis), à Pont-Évêque, près de Vienne (Isère).
Cribier (Marcel), Industriel, 77, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.
Crompton (R.-E.), 4, Mansion-House Buildings, Queen Victoria street, London E. C. .
Crossley (Frederick), Buxton (Angleterre).
Crova (André), Professeur à la Faculté des Sciences, 14, rue du Carré-du-Roi, à Montpellier (Hérault).
Cruse (Adolphe), 124, quai des Chartrons, à Bordeaux (Gironde).
Cruse (Edouard), 55, Pavé-des-Chartrons, à Bordeaux (Gironde).
Curchod (L.), Directeur du *Bureau international des Administrations télégraphiques*, à Berne (Suisse).
Curie (Pierre), 5, avenue de Sceaux, à Fontenay-aux-Roses (Seine).
Curman (Nils-Rudolf), Ingénieur en chef des Télégraphes de Suède, à Stockholm (Suède).
Cuyver (Charles), Propriétaire, 18, avenue de l'Observatoire, à Paris.
- Dagrève** (D^r Élie), à Tournon (Ardèche).
Dalman (Thomas-Y.), à Barcelone (Espagne).
Damoiseau (Albert) (décédé en 1885).
Danel (Ch.), Représentant de la maison L. Desruelles, 29, rue de Richelieu, à Paris.
Daniell (Francis-T.-B.-D.), Supert^t Indo-Europ. Government Telegraphs, à Téhéran (Perse). M. P.
Danton (Jacques-Désiré), Ingénieur civil des Mines, 11, avenue de l'Observatoire, à Paris.
Danvers (Ernest), Directeur de l'École de télégraphie de Colombie, Électricien de la *United Telephone Company de Rosario*, à Rosario de Santa Fé (République Argentine).
Darcq (E.), Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.
Daries (Aristide), Électricien, 32, rue Montpensier, à Pau (Basses-Pyrénées).
Darlu de Roissy, Ingénieur, 59, rue Condorcet, à Paris.
Dauphin (Eugène), Commis des Télégraphes, à Troyes (Aube).
Debeauve (Paul), 42, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
Debièvre (Alfred-Louis-Joseph), Électricien, 52, rue Jean-Bart, à Lille (Nord).
Decauville aîné, Ingénieur, à Petit-Bourg (Seine-et-Oise).
Decaux, Directeur des teintures des Manufactures nationales des Gobelins et de Beauvais, 107, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
Dehenne (Georges), Directeur de la *Compagnie électrique*, 38, avenue de Malakoff, à Paris.

- Delamotte** (Georges), à Quessy, par Tergnier (Aisne).
Delaporte (Georges), Ingénieur, à Tarare (Rhône).
Delaunay-Belleville, Ingénieur-Constructeur, Membre de la Commission centrale des Machines à vapeur, 16, boulevard de Châteaudun, à Saint-Denis (Seine).
Delaunay (C.), Électricien, 7, rue du Théâtre-Grenelle, à Paris.
Delaunay (Ernest-Baptiste), Galvanoplaste, 12, rue Saint-Gilles, à Paris.
Delaunay (Gabriel), Négociant, 16, rue de Beaute, à Nogent-sur-Marne (Seine).
Delocre, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1, rue Lavoisier, à Paris.
Delpech (Louis), 2, rue Moncey, à Paris.
Demarchi (Lamberto), Ingénieur, 65, via Napoli, à Rome (Italie).
Demoy (Jean-Ludovic) (décédé en février 1888).
Denayrouse (Louis), Ingénieur électricien, 30, avenue du Trocadéro, à Paris.
Dennis (Félix), n° 221, au Havre (Seine-Inférieure).
Deplanque (A.), Ingénieur civil, 5, boulevard Barbès, à Paris.
Desarces (Paul), Ingénieur en chef de la fabrication, chargé de la Direction de l'usine de la *Compagnie continentale Edison*, 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine).
Deschevow (Michel de), 132, Fontanka, à Saint-Petersbourg (Russie).
Deschiens (Joseph-Eugène), 123, boulevard Saint-Michel, à Paris.
Désigny (Félix), Électricien, 4, rue de Rouen, à Dieppe (Seine-Inférieure).
Desnôs (Edouard), Ingénieur, 26, avenue Bosquet, à Paris.
Despointes (François), M. S. I. E., S. I. E. E., S. A., 16, St-Georges square, Regent Park, London N. W. (Angleterre).
Desrozières (E.), Ingénieur civil des Mines, 74, rue Condorcet, à Paris.
Desruelles (Lucien), Ingénieur civil, 8 bis, avenue Percier, à Paris.
Desson (Georges-Alfred), Ingénieur électricien, 26, avenue de Suffren, à Paris.
Deutsch (Émile), 16, rue Téhéran, à Paris.
Dierman (William), Ingénieur électricien, 36, rue du Colisée, à Paris.
Dietz (David), 27, rue de Rome, à Paris.
Dietz-Monin, Sénateur, 38, rue de La Bruyère, à Paris.
Dieudonné (Camillo), Constructeur électricien, 27, Grande-Rue, à Lunéville (Mourtho-et-Moselle).
Dieudonné (Émile), Ingénieur civil des Mines, 95, rue Perronet, à Neuilly (Seine).
Diez (José-Luis), Officier de la marine espagnole, École navale, au Ferrol (Espagne).
Dillon (comte), 6, boulevard d'Argenson, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
Dini (Urbain), Directeur des ateliers de M. Dumoulin-Froment, 49, rue Saint-Placide, à Paris.
Domange (Albert), Fabricant de courroies pour machines, 74, boulevard Voltaire, à Paris.
Dommer (F.), 70, boulevard du Montparnasse, à Paris.
Douhet (Comte de), Sénateur (décédé en 1884).
Doumer (Dr E.), Professeur agrégé à la Faculté de Médecine, à Lille (Nord).
Doux (Raoul), Ingénieur civil, Directeur de divers chemins de fer d'intérêt local, 79, rue de Rome, à Paris.
Drago (Lazare-Ange), Contrôleur des Télégraphes, à Ajaccio (Corse).
Drapper (Thomas), Électricien, *Société des Téléphones* de Melbourne, chez MM. Master and Co, Wills street, near Royal Mint, Melbourne (Australie).
Dratz von Coënen (Henri), Ingénieur-Électricien, 1, rue Maraichère, à Bruxelles (Belgique).

- Dreyfus** (A.), 2, rue Murillo, à Paris.
- Dreyfus** (G.), 101, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Droguet** (Charles), Ingénieur des Télégraphes, à Bordeaux (Gironde).
- Dubois** (Edmond), Professeur de Physique, 31, rue Cozotte, à Amiens (Somme).
- Dubois** (Henri), 13, rue Neuve, à Laval (Mayenne).
- Dubois** (Jacques-André), Électricien, 42, route de Versailles, à Chaville (Seine-et-Oise).
- Dubost** (Lucien), ancien Élève de l'École Polytechnique, 15, place Vendôme, à Paris.
- Duboulet** (Henri), Horloger électricien, à Sedan (Ardennes).
- Dubourg** (Georges), 45, Cours-des-Fossés, à Bordeaux (Gironde).
- Dubreuil** (Léon), Président de la *Société nationale des Architectes* (décédé le 30 janvier 1887).
- Ducousso** (Th.), 82, rue Vancau, à Paris.
- Ducrotet** (E.), Ingénieur électricien, Constructeur d'instruments de précision, 75, rue Claude-Bernard, à Paris.
- Dufaÿ** (Adrien), Chimiste, 8, rue de l'Homme-Armé, à Paris.
- Duférier** (Raymond), 75, rue de Courcelles, à Paris.
- Duflon** (Louis), Ingénieur, Directeur de la *Société Prince Ténicheff et Cie*, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Dufossé** (Max.), Officier d'Académie, Secrétaire particulier de MM. Ménier, 35, rue de Berne, à Paris.
- Dufour**, Représentant de la maison Mouchel, 10, rue Commines, à Paris.
- Duhayon-Lainnet** (Fernand-Marie-Albert), Ingénieur électricien, 9, rue Nouvelle, à Paris.
- Dujardin** (P.-J.-R.), Héliographe, 28, rue Vavin, à Paris.
- Dulait** (Julien), Administrateur-Gérant de la *Société anonyme d'Electricité et Hydraulique*, à Charleroi (Belgique).
- Dumas** (J.-B.), Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (décédé en avril 1884).
- Dumont** (G.), Ingénieur, Inspecteur principal chargé du Service télégraphique de la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, etc., 92, rue Lafayette, à Paris.
- Dumoulin-Froment** (P.), Constructeur électricien, *Trésorier de la Société*, 85, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Dunion** (Louis), Contrôleur des Télégraphes, 34, rue Lacretelle, à Mâcon (Saône-et-Loire).
- Dupré** (A.), Sous-Chef du Laboratoire municipal, 23, quai Saint-Michel, à Paris.
- Duprey** (Félix), Ingénieur, Directeur de la maison Vendroux et Cie (décédé le 7 décembre 1883).
- Duquenoy** (Louis-Gustave), 4, rue du Château, à Saint-Omer (Pas-de-Calais).
- Durrien** (Henri), Président de la *Société générale du Crédit industriel et commercial*, 75, rue de Courcelles, à Paris.
- Dussaut** (François), à Puch, par Sauveterre (Gironde).
- Eberlé** (Joseph), Industriel (décédé le 6 février 1888).
- Edard** (G.), Professeur (décédé en mars 1889).
- Eggington** (le chevalier Alfred), Représentant de la *Compagnie Eastern Telegraph*. à Otrante (Italie).

- Egli** (Arthur), Industriel, 16, rue de Charenton, à Paris.
- Eglin**, Commis principal des Postes et Télégraphes, à Angers (Maine-et-Loire).
- Eichthal** (Adolphe d'), 42, rue des Mathurins, à Paris.
- Elsasser** (Charles), Conseiller intime au Département des Postes et Télégraphes, 21, Kleinbeerenstrasse, à Berlin, S. W. (Allemagne).
- Ellicott** (Henry-Temple), Ingénieur civil des Mines. 42, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
- Elsner** (Jules), Ingénieur, 13, boulevard Magenta, à Paris.
- Elwell** (Thomas), Constructeur, 223, avenue de Paris, à la Plaine Saint-Denis (Seine).
- Emery** (Louis), 62, rue de Saintonge, à Paris.
- Emmens** (Stephen-Henry), *Emmens Chemical and Explosives Co*, Harrison N. Y., province de Saint-Louis (U. S. A.).
- Emmott** (Walter), *Northern Telegraph Works*, Halifax, Yorkshire (Angleterre).
- Ephrussi** (Ignace), 81, rue de Monceau, à Paris.
- Ermacora** (D^r G.-B.), à Padoue (Italie).
- Ermel** (Frédéric), 153, rue de Rome, à Paris.
- Escalante Gonzalez** (José), Docteur ès sciences, Professeur à l'Institut de Santander (Espagne).
- Eschbaecher**, Secrétaire du *Bureau international des Administrations télégraphiques*, à Berne.
- Estaunié** (Édouard), Ingénieur des Télégraphes, 40, rue Vancau, à Paris.
- Evêque** (Léonce), Commis principal des Postes et des Télégraphes, à Valence (Drôme).
- Evers** (C.-N.-C.), *The India Rubber Gutta-Percha et Telegraph Works*, Silvertown Essex (Angleterre).
- Eyquem** (Victor), négociant, 13, rue Condorcet, à Bordeaux (Gironde).
-
- Fabri** (Ruggiero), Président du Collège des Ingénieurs de la province de Ravenne, 314, via Dante, à Ravenne (Italie).
- Fahie** (J.-J.), à Téhéran (Perse). M. P.
- Fahri** (Ahmet), Ingénieur des Télégraphes, au Bureau technique des Télégraphes ottomans, à Constantinople (Turquie).
- Faizant** (Benoît), Pharmacien, 2, cité Lafayette, à Villeurbanne (Rhône).
- Falero** (Luis), 100, Fellowes Road, South Hampstead, London N. W. (Angleterre).
- Fargues** (J.), Membre de la *Société asiatique de Paris*, M. S. T. E., etc., à Téhéran (Perse). M. P.
- Fasse** (J.-E.), 12, rue de l'Hôtel-de-Ville, à Lyon (Rhône).
- Fauconnier**, Ingénieur, 2, rue Verte, à Orléans (Loiret).
- Faugier** (Prosper), 18, cours de l'Esplanade, à Privas (Ardèche).
- Faure** (Camille), *The Electric Accumulator Co*, 117, Waverley Place, à New-York (U. S. A.).
- Faure** (Edouard), Directeur des Télégraphes, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
- Faure** (Pierre), place du Champ-de-Foire, à Limoges.
- Faure de Saint-Martial** (du), Secrétaire du *Bureau international des Administrations télégraphiques* (décédé en 1886).
- Faure-Miller** (Roland), 28, rue Matignon, à Paris.
- Fayard** (Prosper), Juge suppléant, 4, rue Buisson, à Saint-Étienne (Loire).

- Faye** (A.-H.), Membre de l'Institut, 95, avenue des Champs-Élysées, à Paris.
- Félix** (C.), Ingénieur électricien, à la sucrerie de Sermaize (Marne).
- Félix** (Pierre), Électricien, 45, rue de Chaillot, à Paris.
- Ferré-Lagrange** (Ludovic de), Avocat, 36, rue Vacon, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Ferry** (Louis), Électricien, 10, rue Choron, à Paris.
- Fesquet** (Émile), 21, Clarence Buildings, Great College Street, London N. W. (Angleterre).
- Fesser* (François) (décédé en 1886).
- Fetter** (J.), Mécanicien, 34, rue Delambre, à Paris.
- Feuquières* (Jules), Chimiste électricien (décédé le 27 octobre 1887).
- Fez* (G.-M. de), Director of the *National C° of the distribution of Electricity by secondary Generator* (décédé en 1885).
- Fichant-Macret** (Jules), Confiseur, à Charleville (Ardennes).
- Fichet** (A.), Ingénieur, expert du Jury d'électricité en 1878, 12, rue Cassette, à Paris.
- Fischer** (Émile de), Capitaine et chef de Compagnie, 41, Norregade, à Copenhague (Danemark).
- Fitzgerald** (George-Francis), School of Engineering, Trinity College, Dublin (Ireland).
- Flamache** (A.), Ingénieur des Chemins de fer de l'État belge, 2, rue Latérale, à Bruxelles (Belgique).
- Flogny** (Ervin), 58, rue La Condamine, à Paris.
- Fontaine** (Auguste), Rentier, 67, rue de la Boétie, à Paris.
- Fontaine** (G.), Instruments de Physique et de Chimie, 18, rue Monsieur-le-Prince, à Paris.
- Fontaine** (Hippolyte), Ingénieur électricien, Administrateur de la *Société des machines magnéto-électriques Gramme*, 15, rue Drouot, à Paris. M. P.
- Forbes** (Professeur Georges), M. A., F. R. S., 34, Great George Street, Westminster, London, S. W.
- Fortin-Herrmann** (Adolphe), 138, boulevard du Montparnasse, à Paris.
- Fould** (Henri), 30, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Fould** (Léon), 30, rue du Faubourg-Poissonnière, à Paris.
- Fouquemberg** (Nestor), Ingénieur constructeur, à Vasmès, près de Mons (Belgique).
- Foureaux** (Alfred), Ingénieur électricien de la *Société lyonnaise de Constructions mécaniques et de Lumière électrique*, 75, avenue de La Bourdonnais, à Paris.
- Fournier* (F.-P.), Membre de la Commission des voyages et des missions scientifiques au Ministère de l'Instruction publique (décédé en 1885).
- Fournier** (Georges), Ingénieur électricien, 58, rue de Larocheboucauld, à Paris.
- Fournier** (Robert), Agent de change, 4, cours de Tournon, à Bordeaux (Gironde).
- Foustanos** (Dr Jean), Publiciste scientifique, à Syra (Grèce).
- Foxcroft** (William Mortimer), 36, Percival street, Clerkenwell, London, E. C.
- Frayssinier** (J.), M. S. T. E., Santiago de Cuba, à Cuba (Antilles).
- Fréchou* (Alexis) (décédé en 1886).
- Fréchou** (Émile), à Nérac (Lot-et-Garonne).
- Fribourg** (G), Directeur du matériel et de la construction des Postes et des Télégraphes, 132, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Friedel** (Ch.), Membre de l'Institut, 9, rue Michelet, à Paris.

- Frings** (M.), 106, rue Saint-Denis, à Paris.
- Frisson** fils (Émile), à Gumond, par Donjeux (Haute-Marne).
- Fritts** (Charles E.), 42, Nassau Street, à New-York (U. S. A.).
- Frolich** (Dr O.), 94, Markgrafenstrasse, à Berlin (Allemagne).
- Frouin** (André), Sous-Ingénieur des Télégraphes, Licencié ès Sciences, 11, rue Princesse, à Paris.
- Fuad** (Mustapha), Ingénieur des Télégraphes ottomans, à Constantinople (Turquie).
- Fuisseaux** (Fernand de), à Baudour (Belgique).
- Gadot** (Paul), Accumulateurs électriques, 89, rue de Tocqueville, à Paris.
- Gahéry** (Paul), Chimiste au Laboratoire des essais des chemins de fer de l'Est, 142, rue du Faubourg-Saint-Denis, à Paris.
- Gaiffe** (A.), Ingénieur électricien (décédé le 9 avril 1887).
- Gaiffe** fils (Georges), 40, rue Saint-André-des-Arts, à Paris.
- Galereau** (Léon), à Laval (Mayenne).
- Gallardo Romero** (Mariano), Teniente Coronel, Jefe de Secretaria en la Direccion general de Infanteria, calle de Dos Amigos, 3, prat., à Madrid (Espagne).
- Gallice** (Georges), ancien élève de l'École Polytechnique, 13, rue du Commerce, à Épernay (Marne).
- Gally** (Georges), Électricien, 7, rue des Moines, à Paris.
- Gamard** (Gustave), Professeur à l'Association philotechnique, 24, rue Sainte-Croix-de-la-Bretonnerie, à Paris.
- Gamarre** (abbé), Fondateur de l'Orphelinat de Rolleville, par Montivilliers (Seine-Inférieure). M. P.
- Garay** (Félix), Inspecteur des Télégraphes, à Madrid (Espagne).
- Gargollo** (F. de), 33, boulevard Haussmann, à Paris.
- Gariel** (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, 39, rue Joffroy, à Paris.
- Garnier**, Inspecteur principal des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris.
- Garnier** (Hubert), Ingénieur des Arts et Manufactures, 26, rue Boursault, à Paris.
- Garnier** (Paul), Horloger mécanicien, Fabricant d'horlogerie électrique, 16, rue Taitbout, à Paris.
- Gatehouse** (T.-E.), 22, Paternoster Row, London E. C. (Angleterre)
- Gaudry** (Auguste), Ingénieur, 6, quai de Billy, à Paris.
- Gaulard** (Lucien), Ingénieur électricien (décédé le 26 novembre 1888).
- Gaulne** (de), Ingénieur électricien, rue Vital-Carles, à Bordeaux (Gironde).
- Gaultier** (Jules), ancien Directeur des Postes et Télégraphes (décédé en 1887).
- Gaupillat** (Marcel), Ingénieur des Arts et Manufactures, 23, rue de la Boétie, à Paris.
- Gautard** (Pierre), Électricien aux usines du Creusot (Saône-et-Loire).
- Gauthier-Villars** (J.-A.), Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris. M. P.
- Gauthier-Villars** (Albert), ancien Élève de l'École Polytechnique, Imprimeur-Éditeur, 55, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- Gautier**, Horloger, à Montfort-l'Amaury (Seine-et-Oise).
- Gautier** (Édouard), 48, rue de l'Université, à Paris.
- Gavarret** (Dr), Professeur de Physique à l'École de Médecine, 73, rue de Grenelle, à Paris.
- Gavey** (John), District Superintending Engineer P. T., Cardif (Angleterre).

- Gendrin** (Léon-F.), 27, rue de la Paroisse, à Versailles (Seine-et-Oise).
Genteur (D.-A.), Ingénieur électricien, 6, avenue Flachat, à Asnières (Seine).
Gentil (Eugène), 66, avenue Kléber, à Paris.
Geoffroy (Charles), 15, rue Thérèse, à Paris.
Geoffroy (Eugène), Industriel, 15, rue Thérèse, à Paris.
Geoffroy (J.), Ingénieur civil, Mécanicien électricien, 15, rue Duphot, à Paris.
Gérard (Albert), ancien Élève de l'École Polytechnique, Administrateur délégué des Boulonneries de Bogny-Braux, à Bogny-Braux (Ardennes).
Gérard (Éric), Professeur à l'Institut électrotechnique Montefiore, annexé à l'Université de Liège, à Liège (Belgique).
Gérente (Dr William), 4, rue Le Goff, à Paris.
Germain (Adrien), Ingénieur hydrographe de la Marine, 13, rue de l'Université, à Paris.
Gibbs (John-Dixon), 18, Warwick St., Regent St., London W. (Angleterre).
Gibaudan (E.), Ingénieur, ancien élève de l'École Polytechnique, au château de la Coupe, près de Narbonne (Aude).
Gignoux (A.-G.), Fabricant de mastic de minium, 124, rue d'Allemagne, à Paris.
M. P.
Gilbert (Eugène), Chimiste, 62, rue Bonaparte, à Paris.
Gilbert (Jules), Fabricant de crayons, à Givet (Ardennes).
Gilquin (Henri), Chef d'atelier à la *Société générale des Téléphones*, 2, rue des Entrepreneurs, à Paris.
Giltay (J.-W.), Ingénieur électricien, successeur de Kipp et Zonen, 36, Choorstraat, à Delft (Pays-Bas).
Girard (Charles), Directeur du Laboratoire municipal, 7, rue du Bellay, à Paris.
Giraud (F.), Constructeur électricien, 19, rue de Paris, à Clichy (Seine).
Gire (Émile), Professeur (décédé en janvier 1885).
Giro (Emmanuel), maison Loustan, rue des Jardins, en face l'usine à Gaz, à Biarritz (Basses-Pyrénées).
Gladstone (Dr John Hall), F. R. S., 17, Pembridge Square, London, W. M. P.
Glasewski (A.), 2 bis, avenue des Tilleuls, route de Bry, au Perreux (Seine).
Glover (Walter-T.), Salford Electric Wire Works, Manchester (Angleterre).
Godfroy (Fernand), Contrôleur des Télégraphes, 22, rue de Chaillot, à Paris.
Godron (Paul), Directeur des Constructions navales, Surveillance de Travaux confiés à l'Industrie, 18, rue du Vieux-Colombier, à Paris.
Goelzer (Achille), Fabricant de lustres et suspensions pour l'éclairage électrique, 18 2, rue Lafayette, à Paris.
Goffin (Joseph), Ingénieur en chef de la *Compagnie industrielle d'Électricité*, 3, boulevard Jamar, à Bruxelles (Belgique).
Goifand (Léonce), Avoué à la Cour d'appel, 128, rue de Rivoli, à Paris.
Goldschmidt (Dr), 20, Johannistrasse, à Berlin (Allemagne).
Goldschmidt (Léopold), 10, rue Murillo, à Paris.
Goldstein (Dr Eugène), 23, Krausnickstrasse, à Berlin (Allemagne).
Golmayo (Fidel), Directeur des télégraphes, à Madrid (Espagne).
Goodwin (Ch.-R.), Ingénieur, 13, rue Auber, à Paris.
Gotendorf (S.-N.), Ingénieur, Constructeur d'instruments de précision, 39, rue de Clichy, à Paris.
M. P.

- Gounouilhon** (G.), 11, rue Guiraud, à Bordeaux (Gironde).
- Goupil** (Eugène), Industriel, 68, rue de Bondy, à Paris. M. P.
- Gowan** (Francis-M.), 20, Beauchamp Square, Leamington (Angleterre).
- Gramme** (Zénobe), Ingénieur électricien, 84, rue de Crimée, à Paris. M. P.
- Grandidier** (Alfred), Membre de l'Institut, 6, rond-point des Champs-Élysées, à Paris.
- Granger** (Albert), Dépositaire des cuivres Mouchel (décédé en 1886).
- Grassi** (Théobald), Commis principal de Direction des Postes et Télégraphes (décédé le 23 juillet 1887).
- Graves** (James), à Valentia (Ireland).
- Gravier** (Alphonse), Ingénieur civil, Électricien, 15, rue Faraday, à Paris.
- Gravier** (Ch.), Inspecteur technique des Télégraphes égyptiens, Ingénieur électricien, au Caire (Égypte).
- Gray** (C.-H.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London, E.
- Gray** (Robert-K.), 101, Cannon Street, London, E. C.
- Gray** (W.-E.), *India Rubber and Telegraph Works Co*, Silvertown, London, E.
- Greiffiths** (Joseph), Ingénieur civil, Directeur des ateliers Onfray, 14, rue Anthony, à Paris.
- Grenier** (Ulysse), 14, rue Jean-Jacques Rousseau, à Paris.
- Greslé** (U.), 20, rue Charles de Muysart, à Lille (Nord).
- Grosjean** (Albert), Fondé de pouvoirs de la maison Leclanché, 158, rue Cardinet, à Paris.
- Gruby** (Dr), 66, rue Saint-Lazare, à Paris.
- Gualtierio-Gulinelli** (comte), à Ferrare (Italie).
- Guasson** (B.), Commis de direction des Postes et Télégraphes de la Corrèze, à Tulle.
- Guéneau** (Jean-Louis), Capitaine d'Artillerie, commandant la 1^{re} compagnie d'ouvriers d'Artillerie, à Vincennes (Seine).
- Guérin** (Émile), Constructeur électricien, 5, rue de Montmorency, à Paris.
- Guérin de Litteau** (Edgard), Ingénieur civil, Administrateur de la *Compagnie transatlantique*, 6, rue de Clichy, à Paris.
- Guglielmini** (Émile-Antonio), Électricien, 9, impasse du Maine, à Paris.
- Guichard** (Pierre-Auguste-Louis), Ingénieur civil, Secrétaire-trésorier du *Syndicat professionnel des Électriciens*, 31, rue de Flandre, à Paris.
- Guignault** (Charles-Arthur), 11, rue Ganneron, à Paris.
- Guillemart** (Edmond), Ingénieur électricien, 87, rue Clovis, à Reims (Marne).
- Guillemin** (G.), 13, quai Saint-Michel, à Paris.
- Guinefolaud** (L.), à Angoulême (Charente).
- Guitton** (Adrien), Ingénieur, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire). M. P.
- Gümpel** (Charles-Godfrey), A. I. C. E., 70, Newman Street, London, W. (Angleterre).
- Gutperle** (A.), Sous-Directeur de la maison Bréguet, 9, rue de la Santé, à Paris.
- Hackenbroch** (Émile), Négociant, 5, boulevard Saint-Martin, à Paris.
- Hackenbroch** (M.-Jacques), Représentant de la maison *India-Rubber*, en Autriche, I, Bauernmarkt, 10, à Vienne (Autriche).
- Hadamard** (D.), 53, rue de Châteaudun, à Paris. M. D.

- Hallez** (Charles), Lieutenant de vaisseau, 5, cité d'Antin, à Brest (Finistère).
- Hallier** (Adrien), Architecte, Entrepreneur de travaux publics, 146, boulevard Haussmann, à Paris.
- Hallopeau** (Alfred), Ingénieur métallurgiste, Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures, 124, boulevard Magenta, à Paris.
- Halphen** (Edmond), Ingénieur, 20, rue Legendre, à Paris.
- Halphen** (Jules), 21, avenue Kléber, à Paris.
- Hamelin** (Dr), Professeur à la Faculté de Médecine, à Montpellier (Hérault).
- Hamilton** (Georges-A.), Western-Union Telegraph C^o, 197, Broadway, New-York (U. S. A.).
- Hanning** (James), Ingénieur, 25, rue de la Paix, à Paris.
- Hardret** (A.), à Senlis (Oise).
- Harlé** (Émile), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché à la Direction de la *Maison Sautter, Lemonnier et Cie*, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- Haye** (Henry), 16 bis, rue Dufrénoy, à Paris-Passy.
- Hazarian** (Jacques), Négociant, Membre des *Sociétés unies arméniennes* de Constantinople, Stamboul, rue Balek-bazar Nafié-Han, 22 et 23, à Constantinople (Turquie).
- Hebbert** (E.-G.), M. A., Calverley Park Gardens, Tunbridge Wells (Angleterre).
- Hébert** (Ernest), Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Arras (Pas-de-Calais).
- Hébert** (Gustave-Théodore), Pharmacien, à Isigny (Calvados).
- Hecht** (Étienne), 140, boulevard Haussmann, à Paris.
- Hecht** (Henri), Négociant, 60, rue de la Victoire, à Paris.
- Hedemann** (F. de), 26, avenue du Trocadéro, à Paris.
- Heilmann** (Jean-Jacques), Ingénieur en chef du Service électrique de la *Société alsacienne de construction mécanique de Belfort*, à Belfort (territoire de).
- Hékimian** (Vincent), Clerk in charge *Eastern Telegraph C^o*, à Constantinople (Turquie).
- Héliand** (comte d'), Secrétaire général de l'*Exposition internationale d'Électricité de Paris en 1881*, 21, boulevard de la Madeleine, à Paris.
- Helmholtz** (Dr Von), Professeur, 16, Neue Wilhelmstrasse, à Berlin (Allemagne).
- Henry** (Paul), Astronome à l'Observatoire de Paris, 19, rue Périer, à Montrouge (Seine).
- Henry** (Paul), Ingénieur des téléphones, 118, rue Lafayette, à Paris.
- Henry** (René), Ingénieur des téléphones, 118, rue Lafayette, à Paris.
- Hermite** (Eugène), 53, rue Rennequin, à Paris.
- Herchillet**, ancien officier de marine, 141, rue Saint-Merry, à Fontainebleau (Seine-et-Marne).
- Herczka* (Adolphe) (décédé en 1884).
- Herschler**, Ingénieur-Constructeur, 42, rue du Chemin-Vert, à Paris.
- Hertzog** (Gustave), Architecte-Géomètre, 35, place de Chambre, à Metz (Alsace).
- Hillairet** (A.), Ingénieur-Constructeur, 22, rue Vicq-d'Azir, à Paris.
- Hinstin** (Joseph), Ingénieur des Arts et Manufactures, 11, rue Saint-Florentin, à Paris.
- Hirsch** (Joseph), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 1, rue de Castiglione, à Paris.
- Hittorf** (Professeur W.), à Münster (Westphalie).
- Hoël** (Jourdain), Fabricant d'instruments d'optique, 18, rue des Archives, à Paris.
- Homans* (Harry S.), (décédé le 12 janvier 1889).
- Horn** (Émile), 16, rue Daubigny, à Paris.

- Hosch** (Louis), 72, rue Blanche, à Paris.
- Hoskier** (le colonel du génie Valdemar), Chef de régiment, 14, Holmens canal, à Copenhague (Danemark).
- Hospitalier** (Édouard), Rédacteur en chef du journal *l'Électricien*, 151 bis, rue de Rennes, à Paris.
- Houry**, Ingénieur électricien, 22, rue du Pont-Neuf, à Paris.
- Houzeau** (Louis), Contrôleur des Télégraphes, 53, rue Claude-Bernard, à Paris.
- Huet** (Charles-Edmond), Inspecteur général des Ponts et Chaussées, Sous-Directeur des travaux de Paris, 12, boulevard Raspail, à Paris.
- Hughes** (Professeur D. E.), F. R. S., care of the London Joint Stock Bank, 69, Pall Mall, London, S. W. (Angleterre). M. P.
- Hugo** (Léopold), Chef de Bureau au Ministère des Travaux Publics, 14, rue des Saints-Pères, à Paris.
- Hugues**, Électricien attaché à la *Société du Gaz de Marseille*, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Huguet de Vars** (D^r H), de la Faculté de Paris, ex-Interne des hôpitaux, 27, rue de Londres, à Paris.
- Humbert** (D^r A.), 3, rue Jacquart, à Paris.
- Hunebelle** (Alfred), 6, rue Nicole, à Paris.
- Hunter** (Rudolph M.), Mechanical expert, 926, Walnut street, à Philadelphie, Pa (U. S. A.).
- Hureau de Villeneuve** (Abel), 91, rue d'Amsterdam, à Paris.
- Hutin** (L.), Contrôleur des Télégraphes à la Compagnie P.-L.-M. (décédé le 3 mars 1888).
- Hutinet** (Jules), Constructeur électricien, 20, rue de Chaillot, à Paris.

- Ibarlucea-Martinez** (Casto), Licencié ès sciences, à Cardenosa (Palencia) (Espagne).
- Immisch** (Moritz), 119, Toriano Avenue, Camden Town, London, N. W.
- Infreville** (Georges d'), Électricien de la *Western Union Telegraph Co*, 408 West, 43, Rd. St., à New-York (U. S. A.).
- Irvine** (James, M.), Franklin Villa Fairfield Road, Inverness (Écosse).
- Itasse-Geuffron** (Georges), 26, rue d'Aumale, à Paris.
- Itasse-Geuffron** (Léon), 5, rue de Rougemont, à Paris.

- Jacomet** (Charles), Directeur des Postes et Télégraphes, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Jacques**, Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Tunis (Tunisie).
- Jacquet** (Henri), Électricien, à Bar-le-Duc (Meuse).
- Jacquez** (Ernest), Bibliothécaire au Ministère des Postes et Télégraphes, 12, rue Bertrand, à Paris.
- Jacquin** (Charles), Ingénieur de la *Société de Ferranti, Patin et Cie*, 79, rue Roussin, à Paris.
- Jacquin** (Eugène), Contrôleur du service technique des Télégraphes, 79, rue Roussin, à Paris.
- Jamin**, Membre de l'Institut, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (décédé en 1886).
- Jammes**, Procureur de la République, à la Flèche (Sarthe).

- Jamon** (F.), 91, rue du Loup, à Bordeaux (Gironde).
- Janssen**, Membre de l'Institut, Directeur de l'observatoire de Meudon (Seinc-et-Oise).
- Janssen** (Pierre-Eugène), Banquier, 32, rue de Trévisé, à Paris.
- Japy** (Adolphe), Manufacturier, 16, avenue de Messine, à Paris.
- Jardin**, Docteur-Médecin, 6, rue du 29-Juillet, à Paris.
- Jarnigon** (Georges), Ingénieur électricien, 63, rue Saint-Denis, à Paris.
- Jarriant** (Benolt), Électricien (décédé le 28 mai 1888).
- Jarriant jeune** (Antoine-Marie), Fabricant de fils électriques, 10, rue Bélidor, à Paris.
- Jaspar** (Joseph), Constructeur électricien, 12, rue Jonfosse, à Liège (Belgique).
- Jauffret** (Paul-Émile-Lucien), Contrôleur du Télégraphe à la C^{ie} P.-L.-M., à Saint-Étienne (Loire).
- Jeaudent** (Charles), 51, rue de Ponthieu, à Paris.
- Jenkin** (Flemming), Professor, M. I. C. E. L. L. D., F. R. S. (décédé en juin 1885).
- Johannet**, Ingénieur-Électricien, à Roubaix (Nord).
- Joly** (Auguste), à Ligueil (Indre-et-Loire).
- Joly** (Édouard-Léon), Chef de bataillon du génie, chef du dépôt central de la télégraphie militaire, 19, rue Bois-le-Vent, à Paris-Passy.
- Jordery** (C.), 43, rue Legendre, à Paris.
- Josse** (Hippolyte), Ingénieur-conseil, Directeur de la *Revue industrielle*, 48, rue de Bondy, à Paris.
- Joubert** (J.), Professeur au Collège Rollin, 67, rue Violet, à Paris.
- Jouët** (Georges), 6, rue de Clichy, à Paris.
- Journaux** (J.), 56, rue des Cévennes, à Paris.
- Jousselin** (Paul-Louis), Ingénieur électricien, Inspecteur principal de la Compagnie P.-L.-M., 4, rue Legendre, à Paris.
- Jowitt** (Thomas) « Scotia Steel Works », Sheffield, Yorkshire (Angleterre).
- Julien** (Edmond), Ingénieur, Administrateur délégué de la *Compagnie belge et hollandaise*, 80, rue Royale, à Bruxelles (Belgique).
- Juppont** (Pierre), Directeur de la *Société toulousaine d'électricité*, 10, quai Saint-Pierre, à Toulouse (Haute-Garonne).
-
- Kapferer** (Ch.), 157, boulevard Haussmann, à Paris.
- Kareis** (Josef), Secrétaire de l'*Exposition internationale d'électricité de Wien*, 7, Niebelungengasse, à Wien (Autriche).
- Kempe** (H.-R.), Engineer in chief's Office General Post Office, London, E. C. (Angleterre).
- Keppler** (Alfred), 25, rue Clapeyron, à Paris.
- Kerchove** (Prosper Van den), Sénateur, 183, Coupure, à Gand (Belgique).
- Kericuff** (Pierre-François-Hyacinthe de), à Henvic, par Taulé-Pensez (Finistère). M. P.
- Kerkwyk** (J.-J. van), Membre des États généraux, Conseiller des Télégraphes, Ingénieur civil, Administrateur du chemin de fer d'Anvers à Rotterdam, à La Haye (Pays-Bas).
- Kidd** (James Cameron), Silverwell Langbank, near Port, à Glasgow (Scotland).
- Kipp** (A.-J.), à Delft (Pays-Bas).
- Kirchhoff** (J.), Professeur de l'Université de Berlin (décédé le 24 octobre 1887).
- Kirstein** (Ch.-H.-Ph.-Édouard), Négociant, Consul de Danemark à Bordeaux (Gironde).

Kleine (Auguste-Frédéric), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 65, boulevard Saint-Michel, à Paris.

Klimenko (Alexis), Ingénieur civil, à Kozlow (Russie).

Koch (Charles-Maximilien), Ingénieur des Arts et Manufactures, 26, rue Borgère, à Paris.

Koren (Capitaine Comodore Johan), à Horten (Norvège).

Krafft (Victor), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Directeur de la Compagnie napolitaine du Gaz, 138, via di Chiaja, à Naples (Italie). M. P.

Krebs (le capitaine), 9, boulevard du Palais, à Paris.

Krizik (Franz), Ingénieur électricien, ancien Élève de l'École Polytechnique slave de Prague, à Prague (Autriche).

La Bédoyère (E. de), Contrôleur principal du télégraphe des Chemins de fer de l'Est, 163, rue du Faubourg-Saint-Martin, à Paris.

La Boulaye (de), Administrateur des Postes et Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris.

Labry (de), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 51, rue de Varennes, à Paris.

Lacasa (Manuel), Ingénieur des Mines, 14, Paseo de Recoletos, à Madrid (Espagne).

Lacoine (Émile), Ingénieur électricien, chef de la Direction technique des Télégraphes, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 11, rue Asmali-Medjid, à Constantinople (Turquie).

Laffargue (Joseph), Licencié ès sciences physiques, ancien élève de l'École de Physique et de Chimie, 54, rue de l'Arbre-Sec, à Paris.

Laffitte (Paul), 42, rue des Mathurins, à Paris.

Laffont (D^r), Professeur de la Faculté de Médecine de Lille, 245, rue Saint-Honoré, à Paris.

Lafond (Jean-Joseph), Électricien, maison Guinet, place du Lycée, à Grenoble (Isère).

Lafond (Théophile-Albin), Courtier de vins et spiritueux, à Bordeaux (Gironde).

Laforge (Ernest), Ingénieur électricien, 9, rue de Penthhièvre, à Paris.

Lagarde, Ingénieur des Télégraphes, 24, rue Bertrand, à Paris.

Lahure (A.), Imprimeur (décédé en 1884).

Laisné (Alfred-Louis), Docteur en médecine, 35, rue d'Amsterdam, à Paris.

Lalande (Armand), Député de la Gironde, 130, faubourg Saint-Honoré, à Paris.

Lalande (Félix de), Ingénieur civil, 87, rue de Rennes, à Paris.

Lalé (Célestin), Receveur des Postes et Télégraphes, à Castelnaudary (Aude).

Lallement (Maurice), Ingénieur de la *Société des Téléphones*, 13 bis, rue de Chartres, à Neuilly-sur-Seine (Seine).

Lamy (J.-B.-Ernest), Ingénieur électricien, à Mende (Lozère).

Lan (Charles), Inspecteur général des Mines (décédé en 1885).

Landur (D^r N.) (décédé en 1886).

Lang (Irénée), à Schlestadt (Alsace).

Laporte (Louis-Pascal), 1, rue Molière, à Lorient (Morbihan).

Laporte (Régis), Ingénieur, Directeur du service électrique de la maison V. Daix, à Saint-Quentin (Aisne).

Larat (D^r Jules), 2, rue Cambacérès, à Paris.

Lardy (Auguste), Ingénieur, 15, rue Denain, à Moulins (Allier).

- Larnaudé** (André), Ingénieur des Arts et Manufactures, attaché à la *Compagnie des Lampes à incandescence*, 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine).
- Lartigue** (Henry), Directeur de la *Société des Téléphones* (décédé le 18 novembre 1884).
- La Taille** (I. de), Directeur-Ingénieur des Télégraphes, à Orléans (Loiret).
- Latchinoff** (Dimitry), Professeur à l'Institut des Bois et Forêts, à Saint-Petersbourg (Russie).
- Laugaudin** (de), Ingénieur, 11, rue Lécuse, à Paris.
- Laumonier** (Jules), 5, rue Saint-Étienne, à Angers (Maine-et-Loire).
- Laurens** (Camille), Ingénieur, 82, rue Taitbout, à Paris.
- Laurent** (Jules), 38, allées de Tourny, à Bordeaux (Gironde).
- Laurent-Cély** (François-Arthur), Ingénieur, Représentant des forges, fonderies et aciéries de Saint-Étienne, 59, rue de Provence, à Paris.
- Laussedat** (le colonel), Directeur du Conservatoire des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Lauwers** (Oswald), 39, rue de la Station, à Malines (Belgique).
- Laval**, Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Bar-le-Buc (Meuse).
- Lavallée** (Jean), Administrateur délégué de l'*Avertisseur électro-automatique* (décédé en avril 1884).
- Laverchère** (Edmond), 14, rue Saint-Georges, à Roubaix (Nord).
- Lavergne** (Gérard), Ingénieur civil des Mines, 19, quai de la Fontaine, à Nîmes (Gard).
- Lawton** (Edouard), 94, quai des Chartrons, à Bordeaux (Gironde).
- Le Baron**, Ingénieur électricien, 44, rue Boursault, à Paris.
- Le Blanc** (Félix), Ingénieur civil, Professeur à l'École centrale des Arts et Manufactures (décédé en 1886).
- Leblanc** (Maurice), 71, allée du Jardin anglais, au Raincy (Seine-et-Oise).
- Lecerf** (Félix-Achille), Ingénieur civil, 53, avenue Sainte-Marie, à Saint-Mandé (Seine).
- Leclerc** (Firmin), chimiste, 72, rue Louis Blanc, à Paris.
- Lecomte** (Auguste-Louis), Commis-Négociant, 8, quai de Versailles, à Nantes (Loire-Inférieure).
- Le Cordier** (Léon), Ingénieur-Électricien, 48, rue Pergolèse, 22, villa Dupont, à Paris.
- Le Cordier** (Paul), Docteur ès Sciences, Professeur à l'École supérieure des Sciences d'Alger, Maison Boillet, à El-Biar, près d'Alger (Algérie).
- Ledieu** (A.), ancien officier de Marine, Correspondant de l'Institut, 36, rue du Cherche-Midi, à Paris.
- Le Divillec** (Emmanuel), 18, rue Saint-Pierre, à Lorient (Morbihan).
- Le Dolley** (Louis), Inspecteur des Postes et Télégraphes, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 15, rue Terme, à Lyon (Rhône).
- Lefèvre** (Étienne-Marie-Alexandre), Architecte, Chef de Section à la Compagnie des chemins de fer P.-L.-M., 20, rue Brochant, à Paris.
- Lefèvre** (François-Émile), Architecte, 68, boulevard Beaumarchais, à Paris.
- Le Febvre-Roncier** (Paul), avocat, 28, rue Grange-Batelière, à Paris.
- Legendre** (Henri), Commis de direction des Postes et Télégraphes, 7, rue du Neufbourg, à Saint-Lô (Manche).
- Legentil-Parent**, Propriétaire, à Neuvireuil, par Rœux (Pas-de-Calais).
- Leitch** (A.-E.), Electrical Engineer (décédé le 8 décembre 1886).
- Lelouvet** (Henri), Constructeur électricien, 34, rue de la Paroisse, à Versailles (Seine-et-Oise).

- Le Maréchal** fils (E.), à Saint-Servan (Ille-et-Vilaine).
- Lemonnier** (Paul), Ingénieur-Constructeur électricien, 45, rue de Saint-Pétersbourg, à Paris. M. D., M. P.
- Le Moyne**, Directeur des Postes et Télégraphes, à Épinal (Vosges).
- Lenaerts** (Léon), Rentier, 87, rue du Prince-Royal, à Bruxelles (Belgique).
- Le Neve-Foster** (Arthur), 51, Cadogan square, London, S. W. (Angleterre). M. P.
- Le Normand** (E.), 22, rue Murillo, à Paris.
- Léon** (Alexandre), cours du Chapeau-Rouge, 11, à Bordeaux (Gironde).
- Lequeux** (Paul), Directeur des Fonderies et Laminoirs de Romilly, à Romilly-sur-Andelle, par Pont-Saint-Pierre (Eure).
- Leray** (Marcel), Ingénieur électricien, agent technique de la *Compagnie Continentale Edison*, Directeur de la *Compagnie générale d'Électricité et de Photochimie*, 7, place Saint-Projet, à Bordeaux (Gironde).
- Leroy** (Fernand), Administrateur délégué de la *Société générale d'électricité du Mans*, 15, rue d'Arcole, au Mans (Sarthe).
- Lesourd** (Paul), Président de la Chambre de commerce de Tours, à Tours (Indre-et-Loire).
- Lesquoy** (Léon), Ingénieur, Chef de service aux chemins de fer Prince-Henri, à Wiltz (Grand-Duché de Luxembourg).
- Lesseps** (Ferdinand de), Membre de l'Institut, 21, avenue Montaigne, à Paris.
- Létrange** (Léon), 1, rue des Haudriettes, à Paris.
- Leuchtenberg** (S. A. I. M^{re} le duc Nicolas de), 35, rue François I^{er}, à Paris.
- Levent** (J.), Entrepreneur d'éclairage, Électricien, 92, boulevard Magenta, à Paris.
- Lever** (Charles), Ingénieur-électricien, Bowdon, Cheshire (Angleterre).
- Lévy**, Chef d'institution, 20, rue Vauquelin, à Paris.
- Lévy** (Auguste-Edmond), Ingénieur de la *Compagnie parisienne du gaz*, 6, rue Condorcet, à Paris.
- Lévy** (Émile), Ingénieur, E. C. P., 57, avenue du Maine, à Paris.
- Lévy-Bing* (L.), Orientaliste (décédé le 28 août 1888).
- Lewis** (H. F. W.), A. S. T. E., 8, Meridian Road, Cottam, Bristol (Angleterre).
- L'Hermier des Plantes* (D^r comte de Serres), Directeur de l'Institut électro-homœopathique (décédé en 1887).
- Liautaud* (Henri), (décédé en juin 1887).
- Liébaut** (A.), Ingénieur, Président de la Chambre syndicale des mécaniciens de Paris, 59, rue Galilée, à Paris.
- Liepmann** (D^r H.), F. C. S., *The Liepmann Carbon Co*, Nelson Wharf, Milwall, London, E.
- Lion** (Anatole), 62, rue Richelieu, à Paris.
- Lionnet** (C.), 5, rue Debelleye, à Paris.
- Lippmann** (G.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 4, Carrefour de l'Odéon, à Paris.
- Loewenstein** (David), Rentier, 3, rue Volney, à Paris.
- Löwy** (Maurice), Membre de l'Institut, Sous-Directeur de l'Observatoire, 119 bis, rue Notre-Dame-des-Champs, à Paris.
- Lönnqvist** (Erik), Ingénieur à l'Administration des Télégraphes de Suède, à Stockholm (Suède).
- Loreau** (A.), Ingénieur et Conseiller général du Loiret, aux Roches, par Briare (Loiret).

- Lorentzen** (Waldemar), Ingénieur des Télégraphes de l'État, à Copenhague (Danemark).
Lorenzetti (Jules), Inspecteur des Télégraphes, à Florence (Italie).
Lorin (Jacques), 5, place des Vosges, à Paris.
Lorin, Sous-Ingénieur des Télégraphes, à Orléans (Loiret).
Lormelet (G.), Directeur du réseau téléphonique, au Havre (Seine-Inférieure).
Lorrain (J.-G.), Norfolk House, Norfolk Street, London, W. C. (Angleterre).
Loubet (Calixte), Négociant, à Saragosse (Espagne).
Lourme, Chef du service des Postes et Télégraphes, à Saïgon (Cochinchine).
Lucas (Félix), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 19, avenue du Trocadéro, à Paris.
Luce, Docteur en Médecine, Directeur du journal *la Médecine sans médicaments*, 33, avenue des Gobelins, à Paris.
Luth (Johan-Fredrik), Ingénieur civil, Électricien, à Stockholm (Suède).
Lutteman (P. Johan Herman), Commissaire des Télégraphes suédois, à Stockholm (Suède).
Luynes (Victor de), 61, rue de Vaugirard, à Paris.
Lyon (Max), Ingénieur, 38, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Machado** (Dr Virgilio), 150-1º, Rua dos Fanqueiros, à Lisbonne (Portugal).
Mackay (J.-W.), de la *Compagnie des câbles Mackay-Bennett*, 9, rue de Tilsitt, à Paris.
Magne (Paul), Inspecteur du contrôle des Postes et Télégraphes, 34, avenue de Villiers, à Paris.
Maiche (Louis), Ingénieur électricien, 3, rue Louis-le-Grand, à Paris.
Maisonnette (Similien), Ingénieur électricien, 5, avenue Camus, à Nantes (Loire-Inférieure).
M. P.
Malaspina (Toussaint), 12, rue Lincoln, à Paris.
Mandroux (L.), Contrôleur des Télégraphes, 71, rue Caumartin, à Paris.
Maquaire (Amédéo), Armes de précision et machines à coudre *types*, 5, boulevard de Strasbourg, à Paris.
Marchand (Georges-Antoine), Ingénieur civil, Directeur de Manufacture. 12, rue Ginoux, à Paris.
Marché, ancien Président de la *Société des Ingénieurs civils* (décédé en 1886).
Marchegay (Alphonse), Ingénieur, Directeur du réseau téléphonique, 11, quai des Célestins, à Lyon (Rhône).
Marcillac (Paul), Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 53, rue de Lodi, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Marcillat (S.), Ingénieur civil des Mines (décédé en 1886).
Marelle (René), Ingénieur, 125, rue d'Allemagne, à Paris.
Mareschal (Gabriel), 22, avenue Carnot, à Paris.
Marey (Étienne-Jules), Membre de l'Institut, 11, boulevard Delessert, à Paris.
Marghiloman (Alexandre-J.), Ministre des Travaux publics, Député de Roumanie, Avocat, 7, rue Bisserica Amzi, à Bucharest (Roumanie).
Marié (Georges), Ingénieur au chemin de fer de Lyon, gare de Lyon, bureau du Matériel, à Paris.
Marié-Davy, Directeur honoraire de l'Observatoire de Montsouris, 42, rue d'Auteuil, à Paris.

- Mars** (André-Jean-Baptiste), Fabricant de sonneries électriques, 15, rue Hoche, à Cannes (Alpes-Maritimes).
- Martin** (E.), 112, rue de Rennes, à Paris.
- Martin** (Louis de), à Montrabech, près Lezignan (Aude). M. P.
- Mascart** (E.), Membre de l'Institut, Directeur du Bureau Central météorologique, 176, rue de l'Université, à Paris.
- Massey** (William-Henry), Twyford Berks (Angleterre).
- Masson** (Georges), Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, à Paris.
- Masson** (Jules), 25, rue de Senlis, à Asnières (Seine).
- Masson-Lorrain**, orfèvrerie et horlogerie de précision, place du Pilon, à Angers (Maine-et-Loire).
- Mathieu** (Adolphe-François), Capitaine de vaisseau en retraite, Directeur de l'Établissement des Pupilles de la Marine, à Villeneuve-en-Guilers (Finistère).
- Mathieu** (Émile-Léopold), Directeur d'Usines à gaz, à Menin (Belgique).
- Maubenge** (baron Edward Lavelaine de), 7, rue Monestier, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Maugras** (Hubert-Louis-Henri), Ingénieur, 32, rue de Turenne, à Paris.
- Mauriceau** (Alexandre), Directeur de l'Almanach des Arts, du Commerce et de l'Industrie, à Varennes-sous-Montsoreau (Maine-et-Loire).
- Maus** (Henri), Directeur général honoraire des Ponts et chaussées de Belgique, 41, rue de Naples, à Bruxelles (Belgique).
- Mayer** (Edmond), Ingénieur civil, 5, rue Louis-le-Grand, à Paris.
- Mayer** (Ferdinand), 48, rue Cambon, à Paris.
- Meaux** (de), 44, rue Saint-Placide, à Paris.
- Méhault** (François), Sous-Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à La Roche-sur-Yon (Vendée).
- Melvens* (Louis), Membre de l'Académie royale des Sciences, Lettres et Beaux-Arts de Belgique (décédé en 1886).
- Mendiola** (Y. de), 2, rue Glück, à Paris.
- Mendonça-Cortez** (J.-José de), ancien Ministre de l'État et Pair du Royaume, Palais San-Amaro, à Lisbonne (Portugal).
- Menges** (C. L. R. E.), Balistraat, à la Haye (Hollande).
- Ménier** (Gaston), 56, rue de Châteaudun, à Paris.
- Ménier** (Henri), Fabricant de câbles électriques, 8, rue de Vigny, à Paris.
- Mensbrugge** (V. Van der), Professeur à l'Université de Gand, à Gand (Belgique).
- Mercadier** (E.), Directeur des études de l'École Polytechnique, Ingénieur des Télégraphes, 21, rue Descartes, à Paris.
- Mercier*, Directeur des Postes et Télégraphes (décédé en 1886).
- Mercier-Lacombe**, Receveur principal des Postes et Télégraphes, à Niort (Deux-Sèvres).
- Meritens** (A. de), Ingénieur, Constructeur électricien, 44, rue Boursault, à Paris.
- Merlin** (Ch.), Sénateur, 110, rue de Rennes, à Paris.
- Merman* (Maurice) (décédé le 1^{er} décembre 1885).
- Mermet** (Achille), Agrégé de l'Enseignement spécial au Lycée Charlemagne, 8, quai Henri IV, à Paris.
- Mervy** (le Dr), 52, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Meunier** (Alfred-Paul), Ingénieur, Directeur du réseau téléphonique de Saint-Étienne, 30, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire).

- Meurling** (Lars-August), Inspecteur des Télégraphes des chemins de fer suédois, à Stockholm (Suède).
- Meuron** (Alfred de), Ingénieur, Constructeur électricien, boulevard du Théâtre, à Genève (Suisse).
- Meyer** (Eugène), Ingénieur-Constructeur, 121, rue de la Pompe, à Paris.
- Meyer** (Gaspard), 51, boulevard de la Chapelle, à Paris.
- Meyer** (Georges), Ingénieur-Électricien, 13, rue Vernier, à Paris.
- Mialaret** (Henri), Ingénieur des Poudres et Salpêtres, Directeur de la Poudrerie de Saint-Ponce, par Mohon (Ardennes).
- Michaëls** (J.-Porter), Professeur démonstrateur à l'*Institut odontotechnique de France*, 45, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Michalias** (R.), Pharmacien de 1^{re} classe, à Ambert (Puy-de-Dôme).
- Michaud** (Edmond), Industriel, 89, avenue de la République, à Aubervilliers (Seine).
- Miet** (Maurice-Edme), Attaché à la *Société Edison*, Chef du Service de l'éclairage de l'Opéra, 23, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris.
- Migeon fils** (Raoul), Constructeur électricien, 10, rue de l'Arsenal, à Angoulême (Charente).
- Mignon** (D^r C.) (décédé le 31 décembre 1884).
- Mildé fils** (Charles), Ingénieur électricien, 26, rue Laugier, à Paris.
- Millot-Carpentier** (G.), Docteur en Médecine, au château de Montécouvez, par Crèvecœur (Nord).
- Miroux** (Edmond), 102, boulevard Voltaire, à Paris.
- Moigno** (l'abbé), Fondateur du journal *le Cosmos* (décédé le 14 juillet 1884).
- Moineau fils** (H.), fonderie de fer, 10, rue Lacharrière, à Paris.
- Molera** (E.-J.), n° 850, Van Ness Avenue, à San Francisco. M. P.
- Moll** (Charles), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, 20, rue Alsace-Lorraine, à Rouen (Seine-Inférieure).
- Moncel** (Comte Théodore du), Membre de l'Institut (décédé le 18 février 1884).
- Monnier** (D.), Ingénieur, 1, rue Appert, à Paris.
- Monot** (Eugène), Fabricant de cristaux (décédé en 1886).
- Montaud** (Charles-B. de), Ingénieur civil, 73, rue d'Allemagne, à Paris.
- Montenegro** (Adolphe-Y.), Inspecteur des télégraphes de l'État, à Madrid (Espagne).
- Monteynard** (de), 44, rue Boursault, à Paris.
- Monthiers** (Maurice), Chef du Service de la Section française à l'Exposition universelle de 1889, 135, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Montillot** (Philippe-Louis), Professeur de Télégraphie à l'École de cavalerie, à Saumur (Maine-et-Loire).
- Montpellier** (A.), Directeur de la *Revue internationale de l'Électricité et de ses applications*, 37, rue Fondary, à Paris.
- Mora** (Camille), Constructeur électricien, 95, boulevard Richard-Lenoir, à Paris.
- Mora y Bacardi** (Oreste de), Telegrafos, à Barcelone (Espagne).
- Mora y Carretero**, Inspecteur des Télégraphes, à Madrid (Espagne).
- Moreau fils** (Frédéric), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur du Service des Sections étrangères à l'Exposition universelle de 1889, 98, rue de la Victoire, à Paris.
- Morel** (Henri), 50, rue de Sartrouville, à Argenteuil (Seine-et-Oise).
- Morel** (Léon-Georges-Frédéric), Licencié ès Sciences physiques et mathématiques, parc de la Tête-d'Or, à l'observatoire de Lyon (Rhône).
- Morellet** (Félix), 41, boulevard Henri IV, à Paris.

Morges, Capitaine du Génie, à Laghouat (Algérie).
Morin (H.-Paul), Ingénieur-Électricien, 70, rue des Batignolles, à Paris.
Morris (Édouard), Ingénieur des Télégraphes, 225, boulevard Saint-Germain, à Paris.
Mors (Louis), Ingénieur des Arts et Manufactures, 28, rue Marbeuf, à Paris.
Motte (Edmond-Eugène), Chimiste de la maison Mouchel, à Boisthorel, commune de Ray (Orne).
Mouchel (J.-O.), Fabricant de cuivre pour télégraphie, 10, rue Commines, à Paris.
Moulton (John-Fletcher), Q. C.; F. R. S., 74, Onslow gardens, London, S. W. M. P.
Mourlon (Charles), Directeur de la *Compagnie internationale de Télégraphie et de Téléphonie*, 22, rue des Sables, à Bruxelles (Belgique).
Moussette (Charles-Édouard), 73, boulevard Suchet, à Paris.
Muirhead (Dr Alexander), 5, Cowley Street, Westminster, London, S. W. (Angleterre).
Muirhead (John), 23, Regency street, Westminster, London, S. W. (Angleterre).
Muller (X.), Ingénieur, 45, rue Saint-Auzonne, à Angoulême (Charente).

Naeyer et C^e (de), à Willebrœck (Belgique).
Nansouty (Max de), Ingénieur, Rédacteur en chef du journal *le Génie civil*, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
Nanta (Norbert), Opticien, 15, place du Pont-Neuf, à Paris.
Napoli (David), Ingénieur, chef du laboratoire d'essais au chemin de fer de l'Est, 34 ter, rue de Dunkerque, à Paris.
Negreano (D.), Licencié ès Sciences physiques, Professeur au Collège de Jassy, chez M. Calinesco, à Jassy.
Néron (Eugène), 15, avenue Hoche, à Paris.
Nerville (Ferdinand de), Ingénieur des Télégraphes, chef du *Laboratoire central d'Électricité*, 116, boulevard Haussmann, à Paris. M. P.
Neujean (Alexandre), Ingénieur-Chimiste et Docteur ès Sciences, délégué de la Belgique au Congrès international des Électriciens à Paris en 1881 (décédé en 1889).
Neumann (Dr Émile), 43, rue de Châteaudun, à Paris.
Neveux (Joseph-Marie-Victor), Ingénieur civil, 45, rue des Petits-Champs, à Paris.
Nicolas (Eugène), Ingénieur de la maison Jarriant, 4, rue Gaston-de-Saint-Paul, à Paris.
Niedergang (Xavier), Électricien, 13, rue Drouin, à Nancy (Meurthe-et-Moselle).
Noblet, Inspecteur, chef des Télégraphes à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, 36, rue du Bac, à Asnières (Seine).
Noé (Charles-François), Constructeur d'instruments de Physique, 8, rue Berthollet, à Paris.
Nothomb (Lucien), Ingénieur, Professeur à l'École de Guerre, 91, avenue Louise, à Bruxelles (Belgique).
Nouvelle (Georges), Ingénieur civil, 25, rue Brézin, à Paris.
Nyström (C.-A.), Chef de la division technique des télégraphes de l'Administration de Suède, à Stockholm (Suède).
Obach (Dr Eugène), 2, Victoria Road, Old Charlton, Kent (Angleterre).
O'Keenan (Charles-Édouard), 21, boulevard de Versailles, à Montretout, Saint-Cloud (Seine).
Okerrins Hyde (Ch.), Électricien à la *Compagnie Swan*, 21, avenue de Rueil, à Nanterre (Seine).

- Okschewsky** (Thomas), Mohilewsko, rue n° 13, log n° 23, à Saint-Petersbourg (Russie).
Olivier (Joséphin), Inspecteur des Télégraphes, à Bourg (Ain).
Orduña (Carlos de), Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 9, Paseo de Recoletos, à Madrid (Espagne).
Orduña (Emilio de), Directeur des Télégraphes, rue Fernando-el-Santo, 5-2°, à Madrid (Espagne).
Ouy, Directeur des Postes et des Télégraphes, 25, rue de Loigny, à Orléans (Loiret).
- Pabst** (Albert), Chimiste, 9, rue de Pontoise, à Paris.
Paccard (Charles), 205, rue Mercedès, à Montevideo (Uruguay).
Paiva (Adrien de), Comte de Campo-Bello, Pair de Portugal, Professeur, Membre de l'Académie royale des Sciences de Lisbonne, etc., au château de Campo-Bello, à Gaya, près de Porto (Portugal). M. P.
Palmieri (Luigi), Professeur de Physique, Directeur de l'observatoire du Vésuve, sénateur, à Naples (Italie).
Papelier (Paul), Ingénieur des Arts et Manufactures, à Punérot, par Martigny-les-Gerbonvaux (Vosges).
Papillon (le Dr), Professeur de clinique médicale, 8, rue Montalivet, à Paris. M. P.
Parent (C.), Électricien, 49, rue Boursault, à Paris.
Parent (Louis), Architecte, 20, boulevard des Invalides, à Paris.
Parenthou (Émile-Henry), Électricien, 20, rue des Grands-Augustins, à Paris.
Parisse (Eugène), Ingénieur des Arts et Manufactures, 49, rue Fontaine-au-Roi, à Paris.
Parran (Alphonse), Président de la *Société géologique*, 56, rue des Saints-Pères, à Paris.
Parsons (l'Honorable Charles-Algernon), Associé de la Maison *Clarke, Chapman, Parsons et C^e*, à Newcastle (Angleterre).
Parthiot (A.-J.-B.-Ed.), Ingénieur électricien (décédé en juin 1886).
Parville (H. de), Publiciste, Ingénieur conseil, Administrateur de la *Société générale des Téléphones*, de la *Compagnie continentale Edison*, etc., Parc des Princes, à Boulogne-sur-Seine.
Paterson (Edward-J.), 125, European Works, Pownall Road. Dalston, London E. (Angleterre).
Patin (Octave), Ingénieur-Électricien, 5, rue Rouillé, à Reims (Marne).
Pauze (Eugène-Alphonse), Électricien, 10, rue de la Paix, à Saint-Etienne (Loire).
Pellat (Henri), Maître de Conférences à la Faculté des Sciences, 3, avenue de l'Observatoire, à Paris.
Pellerin de Lastelle (J.), 61, rue Caumartin, à Paris.
Pelletier (Horace), Membre de la *Société des Études scientifiques*, à Madou, par Blois (Loir-et-Cher).
Péral (Isaac), Professeur de Physique et de Chimie, à San Fernando (Espagne).
Pérard (Louis), Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Liège, 101, rue Saint-Esprit, à Liège (Belgique).
Perdu fils, Constructeur, à Avallon (Yonne).
Pereira-Pinheiro (Adolphe), Lieutenant de vaisseau de la Marine impériale brésilienne, 63, rue d'Alfandega, à Rio de Janeiro (Brésil).
Péreire (Eugène), 45, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.

- Pérelre** (Gustave), Administrateur des chemins de fer du Nord de l'Espagne, 35, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.
- Perille** (J.), Mécanicien, 134, rue Legendre, à Paris.
- Pernet** (Oscar), Directeur des Postes et Télégraphes (décédé en 1885),
- Pérouse** (Denis), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 40, quai de Billy, à Paris.
- Perrin**, Attaché au Laboratoire de l'École supérieure de Télégraphie, 103, rue de Grenelle, à Paris.
- Pescetto** (Federico), Capitaine du génie militaire italien, Ingénieur-Électricien, à Gênes (Italie).
- Pesselon** (H.), Ingénieur de l'État et de la Compagnie P.-L.-M., à Valence (Drôme).
- Petit-Dupont**, Industriel, à Cambrai (Nord).
- Petitjean**, Chef de bataillon du génie en retraite, 2, rue Joffroy, à Dijon (Côte-d'Or).
- Petit-Laroche** (F.-M.-Jules), Directeur de la *Société des Entrepôts de Moulis*, 95, quai des Chartrons, à Bordeaux (Gironde).
- Peyrot** (F.), 30, rue des Envierges, à Paris. M. P.
- Pezzer** (D^r de), 13, rue Saint-Florentin, à Paris.
- Phasmann** (Auguste), Conseiller d'arrondissement, à Saint-Mihiel (Meuse).
- Piat** (Albert), 85, rue Saint-Maur, à Paris.
- Picard** (Alfred), 5, rue Caumartin, à Paris.
- Picard** (Pierre), 9, rue Mazarine, à Paris.
- Pichery** (Lucien), Directeur des Ardoisières de la Forêt, à la Forêt-Combrée (Maine-et-Loire).
- Picou** (Gustave), à Saint-Denis (Seine).
- Picou** (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Société internationale des Électriciens*, 75, avenue de la Grande-Armée, à Paris.
- Pieper** (H.), Armurerie mécanique, à Liège (Belgique).
- Piéplu** (Maurice), Études brevets d'invention, 15, rue de l'Échiquier, à Paris.
- Pierret** (Albert), 50, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Pignet** (Jacques), Négociant et Agent d'assurances, rue Saint-Sauveur, à Segré (Maine-et-Loire).
- Pilleux** (Ludovic), Électricien, 20, rue Soufflot, à Paris.
- Pindray** (Charles de), Pharmacien, cours Michel-Montaigne, à Périgueux (Dordogne).
- Pinel-Peschardièrre** (M.), Contrôleur des Télégraphes de la C^e Paris-Lyon-Méditerranée, 35, rue de Lyon, à Paris.
- Pissarewsky** (Nicolas), Inspecteur général des Télégraphes russes, 18, rue Znamenskaia, à Saint-Pétersbourg (Russie).
- Place** (Henri de), Ingénieur, au château de Rochebelle, à Alais (Gard).
- Place** (Louis-Pierre-Henry, marquis de), Capitaine de Cavalerie hors cadres, Professeur de fortification, de Chemins de fer et de sciences appliquées, à l'École de cavalerie, à Saumur (Maine-et-Loire).
- Planchon** (François-Jean), Ingénieur des Arts et Manufactures, 99, rue Caulaincourt, à Paris.
- Planté** (Gaston), 12, rue des Vosges, à Paris.
- Plawski** (D^r Alexandre), Conseiller de Cour, 22, rue Kirocznaja, à Saint-Pétersbourg (Russie).
- Poinsot** (P.), Chirurgien-Dentiste, Président de l'*Association générale des Dentistes de France*, Professeur à l'École dentaire de France, 34, rue de la Victoire, à Paris.

- Poirier** (Marius), *Société Lombard, Gérin et C^{ie}*, 5, place des Cordeliers, à Lyon (Rhône).
- Poirson** (Charles-Ernest), Commis principal des Contributions indirectes (Direction des droits d'entrée), 9, place de l'Hôtel-de-Ville, à Paris.
- Pollatschek**, Ingénieur électricien, à Alexandrie (Égypte).
- Pollok** (J.-M.), Longclose Works, Newton Leeds, Yorkshire (Angleterre).
- Polignac** (prince Camille de), Villa Jessie, route de Grasse, à Cannes (Alpes-Maritimes). M. P.
- Pomey** (Jean-Baptiste), Sous-Ingénieur des Télégraphes, 58, boulevard Saint-Marcel, à Paris.
- Ponsinet** (Paul), Employé des Télégraphes, au château de la Boule-d'Or, 8, rue du Chemin-Royal, à Bois-Colombes (Seine).
- Porcher-Labreuil** (E.), 91, boulevard Arago, à Paris.
- Porgès** (Charles), Président de la *Compagnie continentale Edison*, 81, rue Monceau, à Paris.
- Porte** (L.), 30, rue Jacques-Dulud, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- Postel-Vinay** (A.), Constructeur-Électricien, 38, rue Vancau, à Paris.
- Poulenc** (Camille), 5, rue Barbette, à Paris.
- Poussin** (Alexandre), au château de la Houblonnière, par Lisieux (Calvados).
- Pouyer** (Maurice), 15, rue Montaigne, à Paris.
- Pouzet** (Gustave), Opticien-Électricien, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 8, rue du Mont-Blanc, à Genève (Suisse).
- Poyet** (Louis), Dessinateur-Graveur, 17, rue du Louvre, à Paris.
- Preece** (William-Henry), F. R. S., M. Inst. C. E., Gothic-Lodge, Wimbledon Surrey (Angleterre).
- Prève** (Laurent), 3, rue de Grammont, à Paris.
- Prince** (John), Ingénieur (décédé le 28 mars 1889).
- Prokchine** (Paul), Collaborateur du journal russe *l'Électricité*, Maître du Gymnase, à Kostroma (Russie).
- Provost** (Henri-Eugène), Mécanicien, 21, rue des Boulangers, à Paris.
- Puluj** (Dr Johann), Professeur de Physique et d'Électricité à l'École I. R. polytechnique de Prague, à Prague (Autriche).

Quindry, Professeur de Physique, à Vire (Calvados).

- Raalte** (Albert van), Ingénieur, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, à Flessingue (Pays-Bas).
- Radiguet**, Électricien, 15, boulevard des Filles-du-Calvaire, à Paris.
- Radcliff** (William), 48, Burton Crescent, London, W. C. (Angleterre).
- Radisson** (Raymond), Affineur de métaux précieux, 7, rue de la Préfecture, à Lyon (Rhône).
- Raffard** (Louis), 42, rue des Mathurins, à Paris.
- Raffard** (Nicolas-Jules), 16, rue Vivienne, à Paris. M. P.
- Ragot** (Gaston), Ingénieur en chef de la *Société anonyme des moteurs à pétrole de Bruxelles*, 195, rue Fousny, à Bruxelles (Belgique).

- Raif-Effendi**, Sous-Directeur du Bureau technique et Directeur de la fabrique des Télégraphes, à Constantinople (Turquie).
- Rambeand** (René), 4, Grande-Rue, à Parthenay (Deux-Sèvres).
- Ranque** (D^r P.), Membre de la *Société française de Physique*, 13, rue Champollion, à Paris.
- Raoux** (Léon), Ingénieur Directeur de la *Société suisse d'Électricité*, à Lausanne (Suisse).
- Rau** (Louis), Administrateur délégué de la *Compagnie continentale Edison*, 7, rue Montchanin, à Paris.
- Rawson** (Frederick-Lawrence), M. I. T. E. et E.; A. M. I. C. E., chez Woodhouse and Rawson, 11, Queen Victoria street, London, E. C. (Angleterre).
- Raymond**, Directeur de l'École professionnelle supérieure de Télégraphie, 23, rue de Maubeuge, à Paris.
- Raynaud** (Jules), Ingénieur des Télégraphes, Directeur de l'École supérieure de Télégraphie (décédé le 10 janvier 1888).
- Reclus** (Armand), ancien Officier de Marine, 91, rue de Monceau, à Paris.
- Récopé** (Edmond), ancien Ingénieur de la Marine, 164, faubourg Saint-Honoré, à Paris.
- Redonet** (José), à Santander (Espagne).
- Reffino** (N.), à Mercedes (Uruguay).
- Rehm** (François-Jules), Commis principal des Télégraphes, 87, avenue de Saint-Cloud, à Versailles (Seine-et-Oise).
- Reignier** (Antoine-Charles), Ingénieur, 45, rue du Parc, à Ivry-sur-Seine (Seine).
- Reinach** (baron Jacques de), 20, rue Murillo, à Paris.
- Reizabal** (François), Comercio, 10, prat., à Tolède (Espagne).
- Rémond** (Maurice), 53, quai Bourbon, à Paris.
- Renoir**, 3, rue Henri, à Alfort (Seine).
- Réveilhac** (Jean), 3, avenue de la République, à Paris.
- Révérènd** (A.), Directeur de l'*Annuaire de l'Électricité*, 1, cité Gaillard, à Paris.
- Rey** (Henri), Directeur de la *Société franco-belge pour la fabrication des appareils d'éclairage*, 60, rue de Veeweyde, à Bruxelles (Belgique).
- Rey** (Jean-Alexandre), Ingénieur civil des Mines, 63, rue Raynouard, à Paris.
- Rey** (L.), Ingénieur, 77, boulevard Exelmans, à Paris-Auteuil. M. P.
- Reymond** (F.), Député, Ingénieur, Président de la *Société des anciens élèves de l'École Centrale*, 4, rue de Naples, à Paris.
- Ribard** (D^r Élisée), 106, rue du Point-du-Jour, à Paris.
- Richard** (Félix-Maxime), Ingénieur-Constructeur, 8, impasse Fessart, à Paris.
- Richard** (Jules), Ingénieur-Constructeur, 8, impasse Fessart, à Paris.
- Richard** (M.), Administrateur délégué de la *Société générale des Téléphones* (décédé le 7 mars 1888).
- Richard** (Maurice), ancien Ministre (décédé le 4 novembre 1888).
- Richepin** (Albert), Pharmacien, à Chevreuse (Seine-et-Oise).
- Ricome** (Pierre-Joseph), Pharmacien de première classe, à Marsillargues (Hérault).
- Ricquier**, Ancien Négociant, 7, rue Crétet, à Paris.
- Riffant**, 1, rue Andrieux, à Paris.
- Rolliet** (Albert), Professeur de Physique au Gymnase de Genève, 16, rue Bellot, à Genève (Suisse).

- Riollé** (Marius), Ingénieur civil, à Romans (Drôme).
- Ritter** (Gaston), Électricien, 10, rue Choron, à Paris.
- Rochetin** (Joseph), Électricien, 14, avenue de la Gare, à Nice (Alpes-Maritimes).
- Rodary** (Ferdinand), Ingénieur civil des Mines, Sous-Inspecteur du service télégraphique au chemin de fer P.-L.-M., 83, rue de Rennes, à Paris.
- Rodocanachi** (Emmanuel), 8, avenue Hoche, à Paris. M. P.
- Roecké** (Alexandre), Ingénieur de la *Société anonyme des applications de l'Électricité*, 74, avenue Kléber, à Paris.
- Roger** (Joseph), Chef d'Institution, 161, rue Saint-Jacques, à Paris.
- Rognet** (Just), 9, boulevard de Sébastopol, à Paris.
- Rojas** (Francisco de), Directeur scientifique de la Revue illustrée *La Electricidad*, 10, Ramba de Canaletas, à Barcelone (Espagne).
- Rolando** (G.-P.), Électricien de la *Société Marseille-Électricité*, 23, rue Curiol, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
- Romero Bacaycua** (Pedro), Directeur des Télégraphes, à Séville (Espagne).
- Romilly** (de), ancien Président de la *Société française de Physique*, 8, rue de Madrid. à Paris. M. P.
- Roquigny** (Amand), Chef du matériel des usines Ménier, 7, rue du Théâtre, à Paris-Grenelle.
- Rosetti* (François), Professeur (décédé le 25 avril 1885).
- Roslin d'Ivry** (Baron), 101, avenue des Champs-Élysées, à Paris.
- Rossel** (Frédéric), Manufacturier, à Montbéliard (Doubs).
- Rothschild** (baron Alphonse de), 2, rue Saint-Florentin, à Paris. M. P.
- Rothschild** (baron Edmond de), 21, rue Lafitte, à Paris. M. P.
- Rothschild** (baron Gustave de), 23, avenue Marigny, à Paris. M. P.
- Rouart** (Alexis), Constructeur mécanicien, 137, boulevard Voltaire, à Paris.
- Roumieu** (H.), Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, 38, allées de Tourny, à Bordeaux (Gironde).
- Rousse** (J.), Professeur de Physique, 9, place Marengo, à Saint-Étienne (Loire).
- Rousseau** (E.), Professeur à l'Université libre et à l'École Militaire, à Bruxelles (Belgique).
- Roussille* (Marie-Louis), Pharmacien (décédé en 1888).
- Roux** (Gaston), Préparateur à l'École de Physique et de Chimie industrielles de la ville de Paris, 51, rue de Dunkerque, à Paris.
- Roy** (Gustave), ancien Président de la Chambre de Commerce de Paris, 1 bis, avenue Hoche, à Paris.
- Rufz de Lavison** (de), 42, boulevard Maillot, à Neuilly-sur-Seine (Seine). M. P.
- Sabine** (Alfred), Secrétaire général de la *Société Siemens and Co*, 12, Queen Anne's gate, London, S. W. (Angleterre).
- Sabine* (Robert) (décédé le 25 octobre 1884).
- Sabourain** (Jean-Alibey), Commis principal des Télégraphes, Secrétaire du Comité d'administration de la Société, 36, boulevard du Temple, à Paris.
- Saladin** (E.), Ingénieur civil des Mines, 2, avenue Malakoff, à Paris.
- Salih** (Hassan), Ingénieur des Télégraphes, au Bureau technique des Télégraphes ottomans, à Constantinople (Turquie).

- Salis** (P. de), Inspecteur, à Coire (Suisse).
- Sallé** (Alexandre-Charles-Alfred-Marie), Agent général de la *Société l'Électrophone L. Maiche et C^e*, 12, rue du Port-Mahon, à Paris.
- Salomons** (Sir David), M. A. Broomhill, Tunbrige Wells (Angleterre).
- Salva** (D^r Louis), à Agde (Hérault).
- Sanna-Solaro** (abbé J.-M.), via Stampatori, 4, à Turin (Italie).
- Santelli** (Ernest), Ingénieur civil des Mines, à Ivrea (Piémont).
- Sarcia** (Jules), Ingénieur à la *Société anonyme pour le travail électrique des métaux*, 14, rue Gérando, à Paris.
- Sarthou** (J.-D.), Télégraphiste, à Villefranche-sur-Saône (Rhône).
- Sartiaux** (Albert), Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Chef de l'Exploitation adjoint de la Compagnie du Nord, 73, rue de Maubeuge, à Paris.
- Sartiaux** (Eugène), Chef du service télégraphique au chemin de fer du Nord, 17, rue Saint-Vincent-de-Paul, à Paris.
- Saulnier** (John) (décédé en 1885).
- Sautter** (Gaston), Ingénieur constructeur, maison Sautter, Lemonnier et C^{ie}, 26, avenue de Suffren, à Paris.
- Sauvage** (Alexis de), à Wologda (Russie).
- Sauvage** (Henri), Contrôleur du service technique des Télégraphes, à Évreux (Eure).
- Savary-Duclos** (Xavier), Docteur en Médecine, 88, rue de Varennes, à Paris.
- Savignol** (Raymond), Commis principal des Télégraphes, à Toulouse (Haute-Garonne).
- Schabaver** (François), Constructeur mécanicien, à Castres (Tarn).
- Scheffler** (André), Électricien, 58, quai Vendœuvre, à Caen (Calvados).
- Schneider** (H.), au Creusot (Saône-et-Loire).
- Schoentjes** (H.), Directeur de l'École industrielle, Chargé de Cours à l'Université de Gand, 12, rue Grand-Roquet, à Gand (Belgique).
- Schuiten** (Louis), Ingénieur adjoint au chef de service de la Section d'Électricité et d'Éclairage au grand Concours de Bruxelles, 38, rue Plotinsky, à Bruxelles (Belgique).
- Sciama** (Gaston), Directeur de la maison Breguet, 10, rue Sainte-Anne, à Paris.
- Sciama** (Jules), 8, place Vendôme, à Paris.
- Scola** (Jean-Pierre-Alexandre), Électricien, 67, rue de Provence, à Paris.
- Scott** (Geo. S.), Mills Building, à New-York (U. S. A.).
- Scrive** (Gustave), 1, rue du Lombard, à Lille (Nord).
- Sebert** (H.), Colonel d'Artillerie, Directeur du laboratoire central de la Marine, Président de la *Société internationale des Électriciens*, 13, rue de la Cerisaie, à Paris.
- Seguela** (Raymond), 7, rue de Maubeuge, à Paris.
- Séguin** (Léon), Directeur de la *Société d'Éclairage par le Gaz et par l'Électricité*, au Mans (Sarthe).
- Seiler** (Maurice), Docteur en Médecine, 26, boulevard de Magenta, à Paris.
- Seignette** (N.), Consul de France (décédé en mars 1884).
- Selby-Bigge** (Davis-Lewis), Ingénieur électricien, attaché à la Maison *Clarke, Chapman, Parsons et C^o*, 58, Westmoreland Road, à Newcastle (Angleterre).
- Seligmann-Lui** (G.-P.), Ingénieur des Télégraphes, 6, rue Daubigny, à Paris. M. P.
- Sellier** (Léon), commandant la *Dague*, à Cherbourg (Manche). M. P.
- Sellon** (John, Scudamore), The Hall, Sydenham, London, S. E. (Angleterre). M. P.

- Senet** (Eugène-Étienne), Chimiste négociant, 24, rue Louis-le-Grand, à Paris.
Ser (L.), Ingénieur des Arts et Manufactures (décédé le 29 janvier 1888).
Serrell (Ed.), à Chabeuil (Drôme).
Serres (Jean), Commis principal des Télégraphes, à Mont-de-Marsan (Landes).
Serres (Louis), Professeur de Physique, 103, rue de Rome, à Paris.
Serrin (Henri-Georges-Charles), Électricien, 13, boulevard du Temple, à Paris.
Serrin (Victor), Électricien, 1, boulevard Saint-Martin, à Paris.
Serruan (E.), Inspecteur à la *Société générale des Téléphones*, 88, rue Laugier, à Paris.
Servier (Edouard), Ingénieur, ancien Président de la *Société technique de l'industrie du Gaz en France* (décédé en 1885).
Seubel (Ph.), The Edison United Manufacturing Company, 136, East 94 th. Street, à New-York (U. S. A.).
Seure (D^r Jules-Nicolas), 4, rue Saint-Louis, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
Siemens (D^r Werner), à Berlin (Allemagne).
Siemens (Sir William), F. R. S., D. C. L., L. L. D. (décédé en décembre 1883).
Silberling (E.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, Délégué général de la *Société internationale des Électriciens*, à Saint-Étienne (Loire).
Silva (Jean-Robert de), à San-Roques, Cadix (Espagne).
Simmons (Charles J.), M. S. T. E., 56, Loverton street, Leighton road, London, N. W. (Angleterre).
Simon (Maurice), Agent général de la *Compagnie Swan*, 83, rue Charlot, à Paris.
Simpson (Geo. P.), B. ès S., Électricien, M. I. E. E. et Ph. S. of London, 12, Queen-Anne's gate, Westminster, London S. W. (Angleterre). M. P.
Siques (Edouard), Directeur des Télégraphes, à Malaga (Espagne).
Sir (René), Électricien, 18, rue de la Cocasserie, à Saumur (Maine-et-Loire).
Skopetz (Charles-Ernest), 10, rue Menessier, à Paris.
Skricanow (G. G.) (décédé en 1885).
Smith (John-Frederick), Millard Laboratory, Trinity College, Oxford (Angleterre).
Soares-Duarte (Antonio-Luis), Fabrica de gaz, à Porto (Portugal).
Société l'Éclairage électrique, 250, rue Lecourbe, à Paris.
Solvay (Ernest), Industriel, 34, rue du Prince-Royal, à Bruxelles (Belgique).
Solvay et C^{ie}, à Dombasle-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle).
Sonder (Albert), 46, boulevard de Strasbourg, à Paris.
Soni (Francisco A. de), à Mexico (Mexique).
Souchier (F.), Électricien, 6, rue des Recollets, à Marseille (Bouches-du-Rhône).
Soueix (Jacques), Sous-Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Saïgon (Cochinchine).
Soward (Alfred-Walter), F. C. S., A. Inst. E. E., 18, Seylla Road, The Rye, Peckham, S. E. London (Angleterre).
Stahl (J.), Ingénieur attaché aux établissements Lazare Weiller et C^{ie}, à Angoulême (Charente).
Stapfer (D.), Ingénieur E. C., Constructeur de machines, boulevard de la Major, à Marseille-Joliette (Bouches-du-Rhône). M. P.
Staring (W.-C.-A.), ancien Directeur en chef des Télégraphes, à La Haye (Pays-Bas).
Stepanow (Serge), Rédacteur en chef de l'*Électricité russe*, 15, rue Pouchkine, à Saint-Pétersbourg (Russie).
Stern (Jacques), 57, rue de l'Arcade, à Paris.
Stern (Louis), 68, rue du Faubourg-Saint-Honoré, à Paris.

- Stoletow** (Alexandre), Professeur de l'Université de Moscou, Membre du Congrès et du Jury de 1881, à Moscou (Russie).
- Stolpowsky** (Al.), Sous-Chef du Télégraphe du Chemin de fer Moscou-Brest, rue Dolgorouzkofsky, maison Jouravleff, log. 3, à Moscou (Russie).
- Stone** (W.-H.), Secretary to the Telegraph Department, 11, Yamato-Yashiki, à Tokio (Japon).
- Street** (Charles), Ingénieur électricien, 17, rue Treilhard, à Paris.
- Stroh** (A.), B. A., 98, Haverstock Hill, London, N. (Angleterre).
- Suarez-Saavedra** (Antonino), Directeur de Section des Télégraphes, à Barcelone (Espagne).
- Sudnik** (Dr Richard), 187, rue Rivadavia, à Buenos-Ayres (République argentine).
- Sursol** (Edmond), 73, avenue Thiers, à Bordeaux (Gironde).
- Suter** (Jacques), Horloger électricien, à Palerme (Sicile).
- Taddei** (Girolamo), Ingénieur-Électricien, 159, Quattro Fontane, à Rome (Italie).
- Tchikoleff** (Wladimir), à Saint-Pétersbourg (Russie).
- Tedesco** (N. de), 3, rue Pelouze, à Paris.
- Teisserenc de Bort**, Sénateur, 82, avenue Marceau, à Paris.
- Ternant** (Al.-L.) Ingénieur, Directeur de l'*Eastern Telegraph Co* (décédé le 30 décembre 1884).
- Terquem** (Émile), Libraire, Commissionnaire pour publications américaines et anglaises, 31 bis, boulevard Haussmann, à Paris.
- Tesse**, Ingénieur civil, Inspecteur honoraire au chemin de fer du Nord, à Hazebrouck. (Nord). M. P.
- Tessier** (Jules), Directeur des usines Ménier, 7, rue du Théâtre, à Paris-Grenelle.
- Thénard** (le baron), Chimiste électricien, 6, place Saint-Sulpice, à Paris.
- Thévenard** (Auguste), Ingénieur à la *Compagnie continentale Edison*, 3, rue Bosio, à Paris.
- Thibaudeau** (Paul-Marie-Joseph), Chef des Installations, station centrale Drouot, *Compagnie continentale Edison*, 5, rue Lamartine, à Paris.
- Thiébauld** (Charles), Avocat, 60, rue Saint-François, à Bruxelles (Belgique).
- Thiéblemont** (Maximin), Électricien, à La Guiche (Saône-et-Loire).
- Thiercelin** (Pierre), Directeur du *Journal du Gaz et de l'Électricité*, Administrateur de Compagnies de gaz, 25, rue de Navarin, à Paris.
- Thiolet** (Alfred), Receveur des Domaines, à Buchy (Seine-Inférieure).
- Thomas** (A.), Fabricant d'appareils électriques, 182, boulevard de la Villette, à Paris.
- Thompson** (Professor Sylvanus-P.), F. R. A. S.; B. A.; 20, Arundel Gardens, London. S. W. (Angleterre).
- Thomson** (Sir William), F. R. S., the University Glasgow (Écosse).
- Thouaille** (Albert), Ingénieur-Électricien, 89, rue des Capucins, à Reims (Marne).
- Thouroude** (Eugène), Inspecteur des Domaines nationaux, 10, rue Bastiat, à Paris.
- Thouvenot** (Clovis), Ingénieur, via Venti Settembre, 28, à Rome (Italie).
- Thurnauer** (Ernst), Ingénieur de la *Thomson Houston international Electric Co*, Michaelisbrücke, à Hambourg (Allemagne).
- Thurneyssen** (E.), Secrétaire de la Direction de l'Exploitation de l'Exposition universelle de 1889, 80, boulevard Malesherbes, à Paris.

- Tignol** (Joseph-Bernard), Libraire-Éditeur, 45, quai des Grands-Augustins, à Paris.
- Timmermann** (Félix), Administrateur français des Chemins de fer et des Télégraphes de l'État égyptien et du port d'Alexandrie, au Caire (Égypte).
- Tison** (D^r Édouard), 31, rue de l'Abbé-Grégoire, à Paris.
- Tissandier** (Gaston), Directeur du journal *La Nature*, 19, avenue de l'Opéra, à Paris.
- Tongas**, Ingénieur des Télégraphes, 11, rue Littré, à Paris.
- Torngren** (Adolf), Fabricant, à Tammerfors (Finlande).
- Touanne (de la)**, Ingénieur des Télégraphes, 13, rue Soufflot, à Paris. M. P.
- Toupot** (l'abbé J.-E.), Curé, à Raulecourt, par Apremont (Meuse).
- Tourgueneff** (Albert), 97, rue de Lille, à Paris.
- Tourret** (J.), Horloger électricien, à Doyet (Allier).
- Train** (Eugène), Architecte, 39, rue des Noyers, à Paris.
- Tremblay** (J.-P.) (décédé en 1885).
- Trépied** (Charles), Directeur de l'Observatoire, à Bouzaréa (Algérie).
- Tresca** (Alfred), 57, rue Turbigo, à Paris.
- Tresca** (Gustave), Ingénieur-adjoint au Conservatoire des Arts et Métiers, 292, rue Saint-Martin, à Paris.
- Tresca** (H.), Membre de l'Institut (décédé le 21 juin 1885).
- Trève** (Auguste), Capitaine de vaisseau (décédé en 1885).
- Tripier** (D^r A.), 41, rue Cambon, à Paris.
- Triponé** (E.), Électricien, 35, rue de Rome, à Paris.
- Troost** (L.), Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne, 84, rue Bonaparte, à Paris.
- Trotin** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 38, quai Henri IV, à Paris.
- Trottier** (Henri), Directeur de l'usine à gaz d'Angers (décédé le 25 juillet 1888).
- Trouvé** (Gustave), Ingénieur électricien, 14, rue Vivienne, à Paris.
- Tuck** (William), District superintendent Eastern Telegraph C^o, à Suez (Égypte).
- Ubags*, Ingénieur (décédé en juin 1887).
- Ullmann** (Jacques), 26, boulevard Voltaire, à Paris.
- Uppenborn** (Frederic), Ingénieur, Direktor D. Electrotechnischen Versuchstation, 36 Blumenstrasse, à Munich (Bavière).
- Uréna y Velasco** (Justo), Inspecteur de district du corps des Télégraphes de l'Espagne. Membre du jury à l'Exposition de 1881 ; délégué pour l'Espagne au Congrès des Électriciens, à Madrid (Espagne).
- Uzcanga** (G.), Télégraphiste, Oeste 14, n^o 16, à Caracas (Vénézuéla).
- Vagniez** (Bénoni), 14, rue Lemercier, à Amiens (Somme). M. P.
- Vallance** (Théophile), Sous-Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Hanoï (Tonkin).
- Vallejos** (Higinio), Lieutenant-Colonel de l'armée argentine, à Buenos-Ayres (République argentine).
- Vanoni** (L.), Ingénieur de la *Société générale des Téléphones*, 19, rue La Bruyère, à Paris.
- Varey** (Ch.), Directeur de la *Correspondance scientifique*, 27, rue Brochant, à Paris.
- Variclé** (Antony), Constructeur, 104, rue de Rivoli, à Paris.
- Vaschy** (A.), Inspecteur-Ingénieur des Télégraphes, 103, rue de Grenelle, à Paris. M. P.

- Vasconcellos** (E. de), Ingénieur hydrographe, 22, rue Santa-Anna-à-Lapa, à Lisbonne (Portugal).
- Vasseur** (Albert), Électricien, 96, rue des Corroyers, à Amiens (Somme).
- Vavin** (Charles), Électricien constructeur, Officier d'Académie, 15, avenue de Messine, à Paris.
- Vegte** (Z. Van der) à Arnheim (Pays-Bas).
- Verdier**, avenue de Paris, à Saint-Denis (Seine).
- Verdoux** (J.), Négociant, 482, Grande Rue de Péra, à Constantinople (Turquie).
- Vernes** (Amédée), Directeur du Service technique à la *Compagnie continentale Edison*, 8, rue Caumartin, à Paris.
- Verrier** (Gabriel), Ingénieur-électricien, attaché à la Compagnie des Chemins de fer d'Orléans, 13, boulevard Saint-Gormain, à Paris. M. P.
- Verrue de Savignon** (Frantz), Ingénieur, au Dieren Patar, à Hollogne (Belgique).
- Vial** (Charles), Ingénieur des Arts et Manufactures, Directeur des mines de Mercadal, par Torrelavega, province de Santander (Espagne). M. P.
- Vial** (Jules), 45, rue de Mantes, à Saint-Germain-en-Laye (Seine-et-Oise).
- Victor** (Emmanuel), 49, avenue Parmentier, à Paris.
- Viégas** (Dr Antonio dos Santos), à Coïmbra (Portugal).
- Viellard** (Armand), Député, 75, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Vigiére** (Paul), 29, quai de Tilsitt, à Lyon (Rhône).
- Vigouroux** (Dr Romain), Chef du service d'Électrothérapie de la Salpêtrière, 22, rue Notre-Dame-de-Lorette, à Paris.
- Villanueva** (Isaac Justo), 40 *bajo*, calle de Silva, à Madrid (Espagne).
- Villard** (Th.), Président de la *Société centrale du travail professionnel*, 138, boulevard Malesherbes, à Paris.
- Ville** (Georges), Professeur, 57, rue Cuvier, à Paris.
- Vincent** (A.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Rédacteur au *Journal du Gaz et de l'Électricité*, 25, rue de Navarin, à Paris.
- Violet** (Léon), Ingénieur, 20, rue Delambre, à Paris.
- Violle** (J.), Maître des Conférences à l'École Normale, 89, boulevard Saint-Michel, Paris.
- Vissière** (Lucien), Électricien (décédé en 1888).
- Vivarez** (Henry), Ingénieur civil des Mines, Membre du Comité technique d'Électricité pour l'Exposition de 1889, 12, rue de Berne, à Paris.
- Vives** (Dr Guillermo), Florin 6, à Madrid (Espagne).
- Vivès-Navaro** (Dr Carlos), à Ponce (île de Porto-Rico).
- Vlierboom** (Anthony), Ingénieur électricien, 34, boulevard Bischoffsheim, à Bruxelles (Belgique).
- Vloten** (Frank Van), Ingénieur, Étudiant-Électricien, à Slikkerveer, près Rotterdam (Pays-Bas).
- Vogel** (Carl), Ingénieur, 94, Margrafenstrasse, à Berlin, S. W. (Allemagne).
- Voisenat** (Jules), Ingénieur des Télégraphes, à Besançon (Doubs).
- Walker* (Georges), Consul général des États-Unis (décédé en janvier 1888).
- Wallut** (Raymond), Administrateur de la Société *L'Éclairage électrique*, 14, rue Royale, à Paris.
- Weaver** (W.-D.), Assistant-Engineer U. S., à Greensburg, Westmoreland Conty Pennsylvania (U. S. A.).

- Webber** (le Général C.-E.), C. B., 17, Egerton Gardens, London S. W. (Angleterre).
Weber (D^r H.-J.), Professeur, à Neumünster (Suisse).
Webster (J.-K.) (Câble anglo-américain) (décédé en 1886).
Weeger (Alexandre), Négociant, 322, rue Saint-Martin, à Paris.
Weiller (Lazare), Ingénieur manufacturier, 52, boulevard Malesherbes, à Paris.
Weiss (Jules-Adolphe-Georges), Ingénieur des Ponts et Chaussées, Chef des Travaux pratiques de Physique à la Faculté de Médecine, 73, boulevard Saint-Michel, à Paris.
Weissenbruch (L.), Secrétaire du Ministre des Travaux publics de Belgique, 45, rue du Poinçon, à Bruxelles (Belgique).
Wéitchko (Filadelphie), Président de la 6^e section (Électrotechnique) de la *Société impériale technique russe*, Lieutenant-général de l'État-Major, à Saint-Petersbourg (Russie). M. P.
Wibratte (H.), Constructeur électricien, 22, rue Montardy, à Toulouse (Haute-Garonne).
Wiedemann (D^r G.), Professeur de l'Université, à Leipzig (Allemagne).
Willequez (Georges-Gabriel), Électricien, au château d'Hautinot, par Blagny-sur-Bresle (Seine-Inférieure).
Willière (Paul), Ingénieur, 101, rue d'Allemagne, à Bruxelles (Belgique).
Williot (Victor), Chef du Service technique à la Direction des Travaux de Paris, 12, avenue des Tilleuls, à Vitry (Seine).
Willot, Inspecteur du Contrôle des Postes et des Télégraphes, 99, rue de Grenelle, à Paris.
Winter (G.-K.), F. R. A. S., M. Inst. C. E., M. J. E. E., Telegraph Engineer et Electrician Madras Railway, à Arkonum, près Madras (Indes orientales). M. P.
Wisse (W.), Directeur de la *Société d'Électricité et de Métallurgie*, à la Haye (Hollande).
Wolf (C.), Membre de l'Institut, Astronome de l'Observatoire de Paris, 1, rue des Feuillantines, à Paris.
Wurstemberger (D^r Arnold de), Ingénieur-Électricien, 3, Jühlstrasse, à Zurich (Suisse).

Yanville (Comte d'), 19, rue de Madrid, à Paris.
Yvon (S.), Pharmacien, 12, rue de la Vrillière, à Paris.

Zenger (Ch.-V.), Professeur de Physique à l'École Polytechnique slave, 5-III, rue de Nostic, à Prague (Autriche).
Zetter (Charles), Ingénieur de la *Société Cance*, 44, rue Monsieur-le-Prince, à Paris.
Zion (François), Constructeur d'appareils électriques, 68, avenue de Châtillon, à Paris.
Zweifel (Gaspard), Ingénieur, Sous-Chef du Service électrique de la *Société alsacienne de construction mécanique de Belfort*, à Belfort (territoire de).
-

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

Aux termes de l'article 4 du Règlement, le paiement des cotisations doit être effectué dans le cours du premier semestre de chaque année.

En conséquence, les Membres de la Société qui n'ont pas encore acquitté l'annuité 1889 sont invités à en faire parvenir le montant au Délégué général de leur région, ou directement au Siège social, à l'adresse de M. le Trésorier, 44, rue de Rennes, à Paris.

A défaut, le recouvrement de ces cotisations sera effectué, à partir du 15 juin, par l'intermédiaire de la Poste.

La quarante-sixième Réunion mensuelle de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 5 Juin 1889**, à 8^h30^m précises du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 1^{er} Mai 1889.

PRÉSIDENCE DE M. LE COLONEL SÉBERT.

La séance est ouverte à 8^h35^m.

Le procès-verbal de l'Assemblée générale et de la Réunion mensuelle tenues le 3 avril 1889 est adopté.

Il est fait part d'une Lecture de M. L. Hugo, relative aux effets d'un coup de foudre observé le 30 avril, à Paris.

TOME VI, 1889. — N° 58.



Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 284), ainsi que des demandes d'admission suivantes qui sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Bouquet (R.-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 9, rue Caligny, au Havre (Seine-Inférieure). — Présenté par MM. Max de Nansouty et le colonel H. Sébert.

Duval (Jean-René), Étudiant en droit, 10, rue Lavoisier, à Paris. — Présenté par MM. A. Lecerf et Ch. Vavin.

Meylan (Eugène), Ingénieur civil, Secrétaire de la rédaction de la *Lumière électrique*, 31, boulevard des Italiens, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et E. Boistel.

Rechniewski (W.-C.), Ingénieur, 11, rue Descartes, à Paris. — Présenté par MM. R.-V. Picou et E. Boistel.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

LES MACHINES DYNAMOS SYSTÈME RECHNIEWSKI.

M. Eug. MEYLAN. — « Je désire attirer l'attention des Membres de notre Société sur les nouvelles machines dynamos combinées par l'un de nos Collègues, M. Rechniewski, et qui sont construites actuellement par la Compagnie *l'Éclairage électrique*.

» Sous l'impulsion vigoureuse de son Directeur, M. E. Boistel, la construction en a été poussée rapidement; aussi, bien qu'il n'y ait que quelques mois que les types industriels soient fixés, il y a déjà une centaine de ces machines en fonctionnement et un grand nombre sont en construction, depuis des petits moteurs de quelques kilogrammètres, jusqu'à une grande machine de 120 000 watts qui figurera à l'Exposition.

» Je n'ai pas besoin de rappeler les principes généraux sur lesquels est basée la construction des machines dynamos; ces principes sont aujourd'hui bien connus des constructeurs et ont été exposés dernièrement devant vous d'une manière remarquable par M. Arnoux.

» Comme vous vous le rappelez, notre Collègue était arrivé à cette conclusion, assez inattendue, que tous les types de machines sont également bons. Il est plus juste de dire qu'à chaque type cor-

Rechniewski

respondent des conditions auxquelles il faut satisfaire, si l'on veut en obtenir le meilleur résultat économique; mais ces conditions sont très différentes suivant les cas : c'est ainsi que les valeurs limites de champ magnétique fixées par M. Arnoux ne s'appliquent aucunement aux machines que nous allons décrire.

» La puissance d'une machine dépend surtout de trois facteurs : la vitesse, le volume du fil induit et le champ magnétique ou, ce qui revient au même, le flux total d'induction magnétique qui passe d'un pôle à l'autre en traversant l'âme de l'induit.

» Pour déterminer la vitesse, on peut se placer à deux points de vue très différents : ou bien on peut partir des conditions d'entraînement et de résistance mécanique des parties mobiles; ou bien rechercher, comme nous le verrons plus loin, s'il n'y a pas pour un type donné de machine une limite qui corresponde au meilleur fonctionnement. Laissons pour le moment ce facteur indéterminé et voyons comment on peut augmenter le produit des deux autres.

» Le volume du fil et l'intensité moyenne du champ ne sont pas indépendants; car le volume du fil est égal à une fraction plus ou moins déterminée du volume du champ, fraction variable du reste suivant qu'il s'agit d'induit en disque plat, sans noyau de fer, ou au contraire d'un anneau ou d'un tambour, et suivant les dimensions relatives.

» C'est donc, en fin de compte, le produit de l'intensité du champ par son volume qui détermine la puissance que pourra fournir un induit donné; or, généralement, à mesure que l'on augmente le second de ces facteurs, le premier diminue, à moins qu'on ne force l'excitation, ce qui abaisse immédiatement le rendement.

» Il y a deux manières d'augmenter ce produit pour une excitation donnée : le premier est bien connu, mais ne paraît pas avoir donné de résultats très satisfaisants; il consiste à augmenter le plus possible les surfaces de fer en regard, ou encore à attaquer le fil induit sur le plus grand nombre possible de faces. C'est ce qui a lieu dans certaines machines à anneau plat où les pièces polaires embrassent à la fois le pourtour de l'anneau et ses faces latérales; c'est encore le résultat que l'on a cherché en faisant passer les pièces polaires à l'intérieur de l'anneau, ou encore en disposant des électro-aimants inducteurs à l'intérieur de cet anneau.

» De cette manière, la résistance magnétique de la machine diminue, et l'on augmente la fraction dont nous parlions tout à l'heure, on augmente le fil utile. Seulement, on ne peut guère améliorer ainsi que des machines défectueuses, dans lesquelles le noyau de fer de l'anneau est loin d'être saturé; une fois cette saturation pratiquement atteinte, tout ce qu'on peut faire, c'est de gagner un peu sur l'excitation, et cela aux dépens de la simplicité de construction; aussi y a-t-il peu de machines industrielles dans lesquelles on retrouve ces dispositifs (Gulcher, Mordey; Fein, Sperry Kummer; Elphinstone, Clarke, Edison).

» Une autre solution beaucoup plus satisfaisante est celle qu'a réalisée Pacinotti, avant que la machine dynamo-électrique fût devenue un appareil industriel. Elle consiste à munir l'induit de projections ou de dents dans l'intervalle desquelles on enroule le fil, soit d'après le schéma de Gramme, soit d'après celui de Siemens.

» Avec cette disposition, le volume occupé par le fil induit n'est plus dans une relation déterminée avec le volume du champ magnétique; le flux de force se concentre en effet en regard des projections; on pourrait parfaitement concevoir qu'il ne passe aucune ligne de force dans les entre-dents; l'augmentation ou la diminution de l'induction totale qui traverse une spire ne correspond plus à des lignes de force coupées par le fil, mais à celles qui pénètrent par les dents, au fur et à mesure qu'elles se présentent dans le champ.

» Les avantages de l'induit Pacinotti ont de tout temps été admis, au moins par les théoriciens; ces avantages ne sont pas seulement d'ordre magnétique, mais la division de l'enroulement en sections naturelles facilite l'isolation, et les dents assurent un entraînement parfait; en outre, les fils sont parfaitement garantis.

» Mais, disons-le tout de suite, cette disposition comporte un inconvénient grave qui n'a pas permis, jusque dans ces derniers temps, de profiter de tous ses avantages.

» Les variations périodiques de la perméabilité magnétique des diverses parties du circuit et le déplacement des tubes d'induction dans la masse des électro-aimants et surtout des pièces polaires donnent lieu à la naissance de courants de Foucault et à un échauffement considérable de celles-ci. L'avantage obtenu est illusoire et

l'on reperdra sur le rendement mécanique ce que l'on aura pu gagner sur le rendement électrique.

» On a cherché de bien des manières à éliminer ces courants parasites ou à en diminuer l'importance; c'est ainsi que M. Weston a employé les dents, mais en diminuant beaucoup leur importance, le fil étant enroulé d'abord dans les entre-dents, puis sur la surface entière du tambour; on ne diminue ainsi que partiellement la place nécessaire pour les fils dans l'entrefer. En employant la fonte, moins conductrice, pour les pièces polaires, on diminue également l'intensité des courants parasites : aussi la retrouve-t-on dans presque toutes les machines à induit de ce genre. Dans les anciennes machines Phénix, ces pièces polaires étaient en outre divisées par un grand nombre de sections.

» Plus récemment, cette question a attiré de nouveau l'attention des constructeurs et l'on a cherché de nouveau divers palliatifs. MM. Ganz et C^{ie} se contentent d'employer une denture très fine. MM. Lahmeyer, en Allemagne, et Fowler, en Angleterre, recouvrent toute la surface de l'induit d'une chemise en fils de fer qui diminue la discontinuité magnétique. M. Brown, d'Oerlikon, remplace les dents par des trous percés dans les tôles du noyau, et dans lesquels on introduit les fils. Ce procédé ingénieux offre cependant ce défaut que l'enroulement et l'isolation des fils sont difficiles : aussi divers constructeurs ont-ils remplacé les trous par des ouvertures communiquant avec la surface latérale du tambour ou de l'anneau par une fente étroite qui permet d'introduire les fils. C'est ce qu'a fait en particulier notre Collègue M. Picou pour les petits moteurs de la Compagnie Edison.

» Ces dispositions sont certainement ingénieuses et donnent de bons résultats, mais compliquent la construction; la solution complète du problème consiste évidemment à subdiviser la masse des inducteurs comme celle de l'induit.

» *Inducteurs en tôle.* — A ce propos, ouvrons une parenthèse. On sait par quelles modifications successives on a passé avant de fixer la nature et la forme générale de la carcasse magnétique des machines dynamos.

» Les uns, visant à réaliser une machine ayant un circuit magnétique aussi parfait que possible, ont employé des électros en fer

forgé, réunis par d'épaisses culasses en fonte et pourvus de pièces polaires massives du même métal. Le type de ces machines est celle d'Edison, telle qu'elle est construite en France, en Angleterre et aux États-Unis. La construction en est forcément coûteuse.

» D'autres, et en particulier l'importante maison à laquelle appartient M. Gramme, visant au bon marché, ont constitué la carcasse entière d'une pièce de fonte; aujourd'hui, on essaye l'acier fondu. Comment se fait-il que l'on n'ait pas songé sérieusement aux électros en tôles découpées qui réunissent à la fois les avantages du bon marché et ceux qui résultent des qualités magnétiques du fer?

» Il y a bien eu quelques essais, mais timides, et ce n'est que tout dernièrement que l'on a vu breveter un peu partout des dispositions de ce genre (moteur Perret, machines Zipernowsky, etc.).

» Mais, antérieurement, notre Collègue M. Rechniewski avait eu l'occasion de se rendre compte, chez un industriel de Paris, M. Denis, des facilités que présente le travail du découpage des tôles et eut l'idée d'en constituer les électro-aimants d'une machine dynamo.

» Est-ce l'idée d'employer les dents de Pacinotti qui l'a amené à feuilleter les inducteurs, ou bien sont-ce, au contraire, les inducteurs en tôle qui l'ont engagé à profiter de leurs propriétés pour employer les dents? C'est ce que je ne pourrais dire.

» Quoi qu'il en soit, la combinaison des deux éléments qui constituent les nouvelles machines est aussi heureuse que possible. Les inconvénients dont nous parlions tout à l'heure tombent du coup, et l'on réalise une machine parfaite au point de vue magnétique et d'une construction très économique.

» Mais pour cela, hâtons-nous de le dire, il faut faire grand, car les outils à découper coûtent cher : c'est probablement ce qui aura rebuté les amateurs.

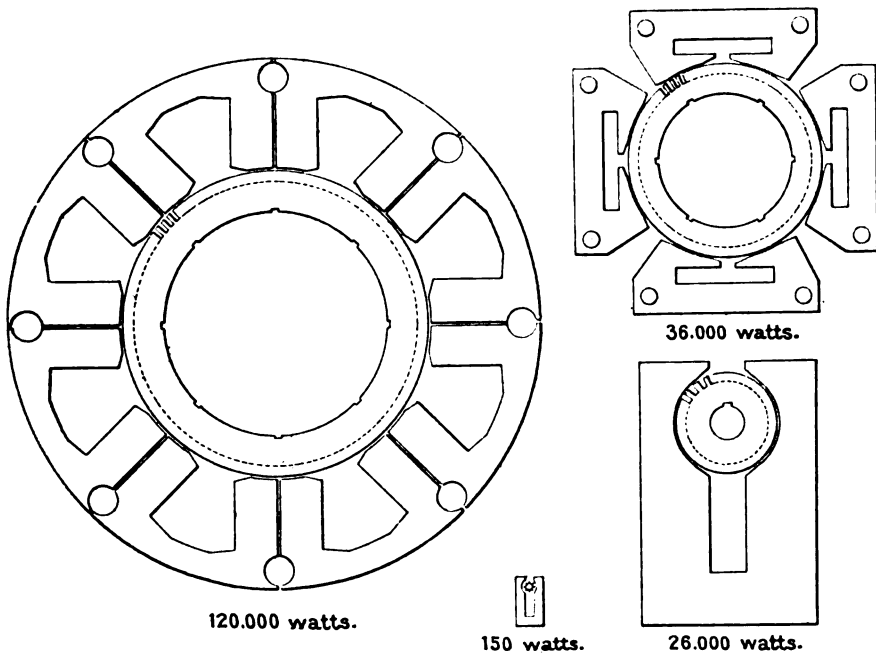
» *Types de machines.* — Pour les petits modèles, le type dit *supérieur*, avec électros en simple fer à cheval et, comme induit, un tambour Siemens, convenait parfaitement, d'un côté par la facilité qu'il offre pour l'assemblage des paquets de tôles sur la plaque de fondation, et de l'autre par les conditions de fonctionnement des machines genre Pacinotti. Le tambour est la forme qui assure la meilleure utilisation du fil et qui permet de donner au noyau de fer une section suffisante. En effet, grâce à l'emploi des dents, on arrive à obtenir

économiquement des champs moyens de 5000 à 6000 C.G.S., et avec de petits anneaux l'âme serait saturée; même avec la section pleine du tambour, on arrive encore à des inductions spécifiques de 18000 à 20000 dans l'âme de l'induit.

» Au contraire, pour les grosses machines à faible vitesse angulaire, le type multipolaire s'impose; c'est le seul qui permette de ne pas donner aux électros un volume trop considérable et qui assure une symétrie parfaite. Il est vrai que l'on perd quelque chose sur l'excitation, mais l'inconvénient est petit, le rendement croissant avec les dimensions. En outre, comme dans les machines à très bon circuit magnétique la réaction d'induit est relativement plus à craindre, il y a lieu de la diviser en multipliant le nombre des circuits magnétiques. Dans ce cas, un anneau Pacinotti-Gramme à grand rayon convient parfaitement.

» Les profils de tôles représentés *fig. 1* montrent quelles sont

Fig. 1.



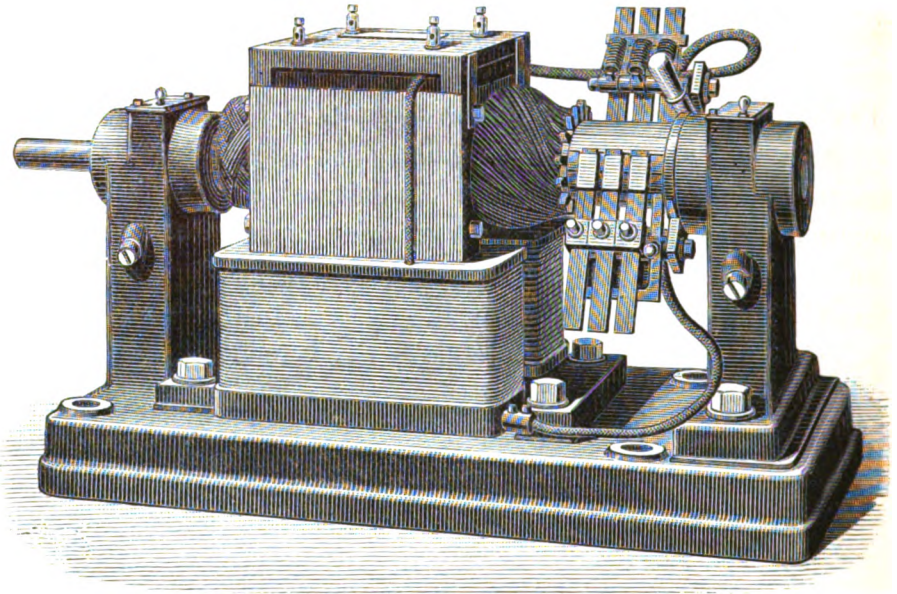
les proportions relatives de l'inducteur et de l'induit pour des machines de 120000, 36000, 26000 et 150 watts.

» *Machine bipolaire de 12000 watts.* — Nous décrirons avec

quelques détails le type de 12000 watts, dans lequel le constructeur a jugé bon d'augmenter la puissance en facilitant le rayonnement de la chaleur par une ventilation forcée à l'intérieur du tambour.

» La machine représentée en perspective par la *fig. 2*, et dont

Fig. 2.



les détails de l'induit sont indiqués *fig. 3, 4 et 5*, est destinée à donner 110 volts et 110 ampères à 1200 tours; ses dimensions sont :

Longueur totale.....	1200 ^{mm}
Largeur.....	570 ^{mm}
Hauteur.....	630 ^{mm}
Poids total.....	560 ^{kg}

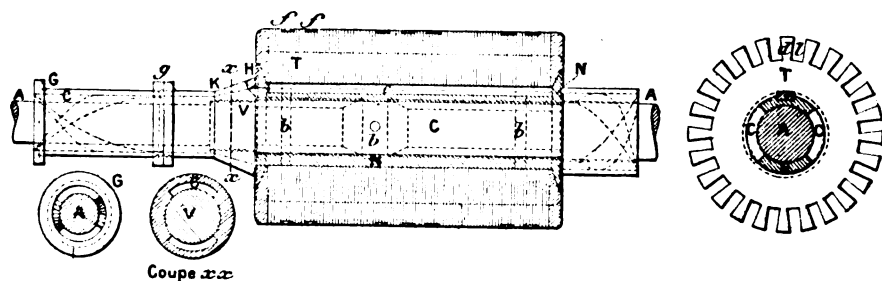
» Comme on le voit, le fer à cheval des électros est fixé par deux cornières à une plaque de fondation en fonte à laquelle appartient l'un des paliers, l'autre étant rapporté. Les tôles des inducteurs sont réunies sur la culasse par deux gros boulons, et par quatre petits à la partie supérieure, les tôles extérieures étant plus fortes pour assurer la rigidité.

» Cette disposition a été un peu modifiée, et, actuellement, les cornières sont remplacées par deux pièces de fonte ayant le même profil que les tôles, munies d'un retour d'équerre à la partie infé-

rière et dépassant les pièces polaires à la partie supérieure. La planchette sur laquelle sont fixées les bornes est alors vissée sur ces pièces, ce qui assure un intervalle pour la circulation de l'air.

» Les bobines, enfilées directement sur les noyaux des électros, sont en bois, et le fil y est enroulé sans interposition d'isolant. Voyons maintenant la construction de l'induit. Comme nous l'avons dit, on a ménagé une ventilation forcée; pour cela, les tôles formant le noyau T sont portées par un manchon en bronze N, sur lequel elles sont clavetées pour assurer toujours un bon entraînement du noyau et des fils par l'arbre. Les tôles sont retenues de chaque côté par deux disques de fibre F, dont l'un, celui de gauche, est serré par un écrou H; ces disques ont pour but d'éviter que les fils ne

Fig. 3. 4. 5.



frottent sur le bord tranchant des tôles, ce qui amènerait des contacts à la masse; ces fils sont, du reste, isolés par l'interposition de carton dans les rainures.

» Le manchon N vient appuyer à droite sur une butée de l'arbre A, et il est muni de deux évidements C, C qui règnent sur toute sa longueur, excepté dans la partie centrale, où il est goupillé en *b*. Une seconde pièce de bronze V, munie également d'évidements, se visse sur l'arbre; c'est sur son prolongement que se fixent les lames du collecteur, au moyen d'un écrou *g* et d'un contre-écrou. Des ailettes en hélice disposées dans le vide laissé entre l'arbre et cette pièce, comme aussi à l'autre extrémité, servent à aspirer l'air qui est chassé par des canaux ménagés entre les paquets de tôles. Les fils et la masse de fer sont ainsi refroidis constamment.

» Des ligatures *f, f* en fil de bronze maintiennent les bobines un peu en dessous du niveau des dents; cette disposition a l'avantage

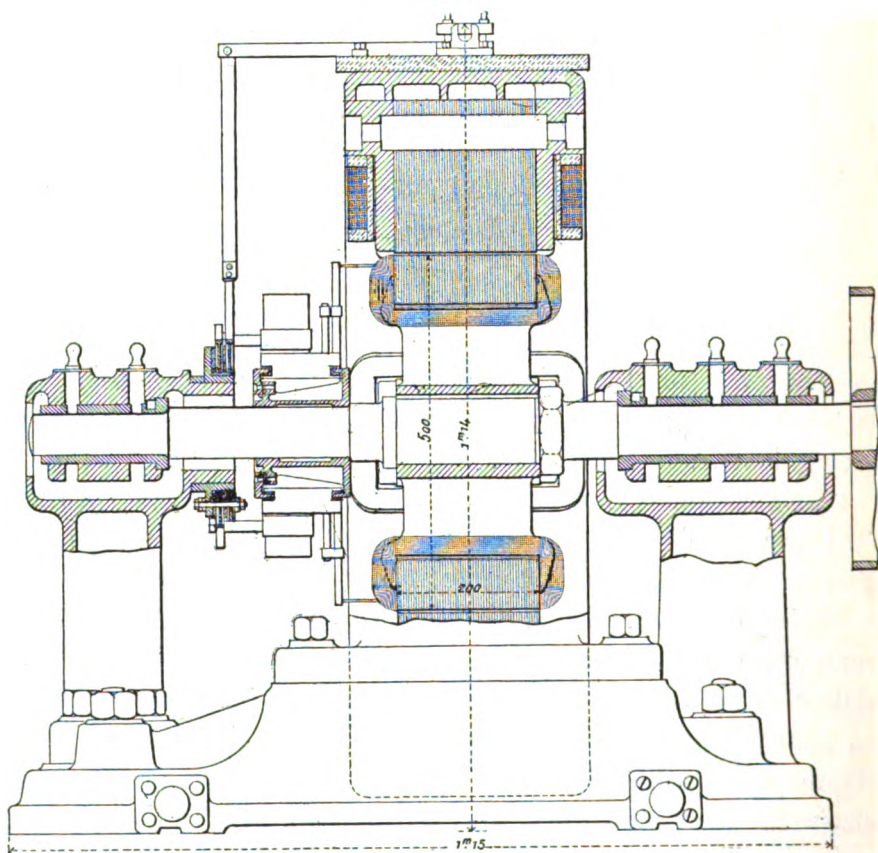
de garantir complètement l'enroulement dans le cas où l'induit viendrait à frotter contre les pièces polaires. Le collecteur est formé de lames de cuivre isolées au papier et saisies par des queues d'hironde entre une pièce de bronze et un écrou.

» Les balais, en nombre plus ou moins grand, sont pressés par des ressorts à boudin et sont ajustables au moyen d'une vis qui vient caler le porte-balai sur une portée tournée à l'extrémité du palier.

» Le graissage continu a lieu au moyen du dispositif bien connu d'un anneau plongeant dans l'huile et tournant dans une encoche du coussinet de bronze.

» *Machines multipolaires.* — Le type de machine que nous venons

Fig. 6.

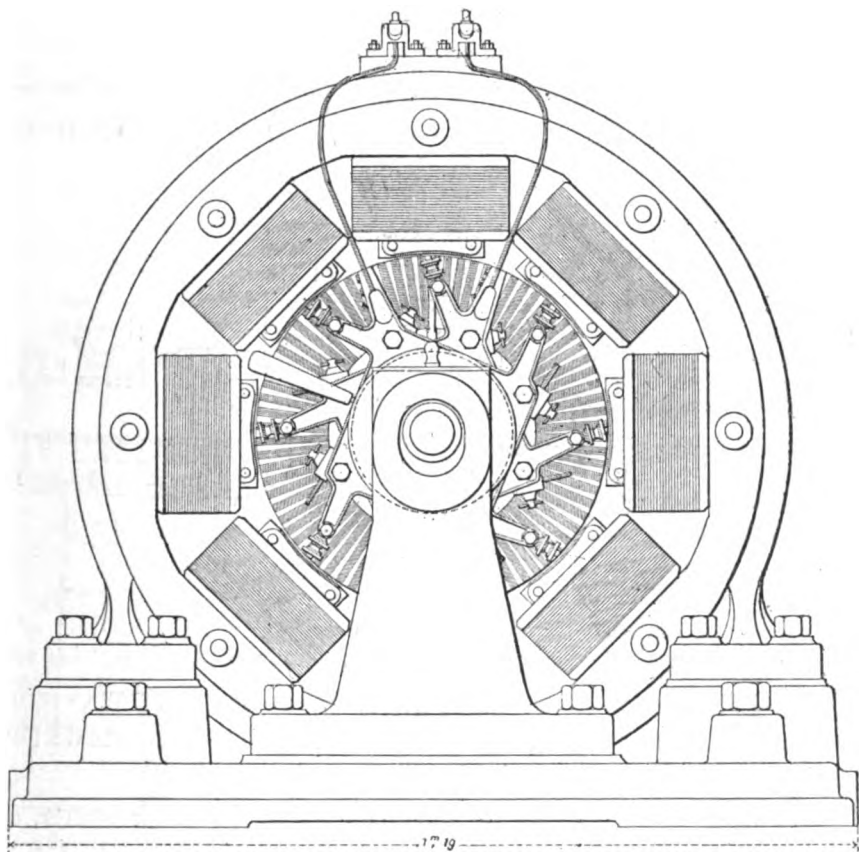


de décrire s'applique, avec ou sans ventilation, depuis les machines de quelques kilogrammètres jusqu'à des puissances de 26000 watts;

au delà, les machines sont multipolaires. Sans nous arrêter à un type intermédiaire qui a été réalisé sur un certain nombre de dynamos de 36000 watts, nous décrirons sommairement le mode de construction d'une machine de 120000 watts, qui s'applique également aux moindres puissances.

» Les *fig. 6 et 7* représentent ce modèle, qui est à huit pôles. Ceux-ci sont radiaux, excités par une seule bobine, et constitués également par des paquets de tôles de la forme indiquée. Comme on le voit, la couronne qui constitue les inducteurs est sectionnée en huit segments, les joints se faisant au centre des noyaux, en sorte qu'ils ne diminuent pas la perméabilité magnétique de chaque circuit, puisqu'ils sont parallèles aux lignes de force.

Fig. 7.



» Les électros sont assujettis, au moyen de huit gros boulons en acier, dans une enveloppe cylindrique en fonte présentant des pro-

jections de même forme que les noyaux. Une fois les tôles en place, enfilées sur les boulons, on les presse au moyen d'une pièce de fonte ayant également le même profil, et dont le bord, tourné, s'ajuste exactement dans la boîte en fonte.

» Les électros sont ainsi suspendus à ces huit boulons et les bobines sont retenues par de petites équerres. Des pieds venus de fonte avec l'enveloppe cylindrique permettent de la fixer sur la plaque de fondation, où sont également rapportés les paliers.

» Comme on le voit, cette construction est très simple et donne une machine très robuste, dont les parties essentielles sont protégées.

» L'enroulement de l'anneau à denture assez fine n'offre rien de particulier, si ce n'est qu'il est effectué avec du ruban de cuivre; les sections sont réunies en quantité et le courant collecté par quatre paires de balais.

» *Conditions de fonctionnement.* — Avant de nous attacher spécialement à un type, nous donnerons quelques chiffres relatifs à diverses machines prises dans la série.

Machines Rechinewski.

N ^o .	Watts aux bornes.	Poids total.	Nombre de tours.	Watts par kilogramme de cuivre.	Poids par cheval électrique.	Rendement électrique.
2.....	450	40	1800	180 à 280	25 ^{kg} à 35 ^{kg}	de 88 à 95 pour 100
3.....	750	50	1700			
4.....	1800	80	1600			
5.....	3300	140	1600			
7.....	5500	200	1500			
9.....	9000	370	1200			
10.....	12000	550	800			
14.....	26000	1200	»			

» Comme on le voit, les poids sont relativement faibles et les rendements élevés, au moins les rendements électriques; nous verrons plus loin que les pertes de travail par hystérésis et courants de Foucault ne dépassent pas celles des machines ordinaires.

» *Machine compound de 12 000 watts.* — Les chiffres suivants, qui se rapportent au type que nous avons décrit avec le plus de détails, permettront mieux de se rendre compte des avantages obtenus par l'emploi de l'induit Pacinotti :

Poids total.....	560 ^{kg}
Poids du cuivre { induit.....	15 ^{kg}
{ inducteur.....	30 ^{kg}
Diamètre du tambour.....	197 ^{mm}
Longueur utile.....	280 ^{mm}
Vitesse angulaire.....	1200 tours
Vitesse linéaire.....	12 m.-s.
Nombre de bobines et de lames au collecteur.....	24
Nombre total de spires 4×24	96
Épaisseur des tôles.....	0 ^{mm} , 6
Force électromotrice.....	114 ^{vols} , 4
Différence de potentiel aux bornes.....	110 volts
Courant extérieur.....	109 ampères
Courant d'excitation.....	1 »
Excitation totale (5500 + 2500).....	8000 amp.-tours
Spires en série.....	25
Densité de courant { induit.....	4 amp.-mm ²
{ inducteur.....	2 »
Perte dans l'induit.....	400 watts
Perte dans les inducteurs { série.....	80 »
{ dérivation.....	120 »
Rendement électrique.....	95 pour 100
Watts utiles par kilogramme de cuivre { total.....	270
{ induit.....	800

» Si, au moyen de ces données et de la formule bien connue

$$E = 10^{-8} \frac{2 N n F}{60}$$

[N nombre de spires de l'induit (96), n nombre de tours par minute, F flux utile d'induction], nous calculons les grandeurs relatives au circuit magnétique, nous trouvons :

Flux total d'induction F.....	3000000 C.G.S.
Induction spécifique dans les inducteurs.....	12000 »
Induction spécifique dans le noyau de l'induit.....	21000 »
Champ magnétique moyen sous les pièces polaires..	5000 »

valeurs calculées en partant du flux utile, abstraction faite des dérivations magnétiques.

» Ces résultats montrent bien l'excellence du circuit magnétique; en effet, à circuit ouvert, il suffit de 5500 ampères-tours pour produire le flux utile total de 3000000 C.G.S., avec un volume d'enroulement induit considérable, la densité de courant n'étant pas supérieure à 4 ampères par millimètre carré. Cela tient, comme nous

l'avons dit en commençant, à ce qu'il n'y a plus ici de rapport entre le volume du fil induit et l'entrefer. Dans ce cas particulier, avec un jeu de 3^{mm} seulement, le volume des entre-dents équivaut à un entrefer total de 15^{mm}, y compris ce jeu.

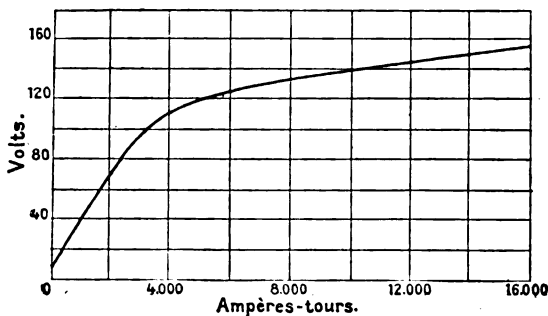
» Chose remarquable, à mesure que les dimensions et la puissance de la machine augmentent, le jeu, qui est ici l'entrefer, n'augmente pas, en sorte que, abstraction faite de la réaction d'induit, l'excitation n'augmente que très peu avec les dimensions; le même nombre d'ampères-tours suffirait pour produire le même champ moyen dans toute la série, tandis que, dans les mêmes hypothèses, ce nombre augmente comme l'entrefer.

» Dans ces machines donc, c'est la réaction d'induit qui oblige à forcer l'excitation, en sorte que celle-ci dépend surtout du nombre d'ampères-tours dans l'induit, et lui est grossièrement proportionnelle, à une constante près. On arrive donc, dans ce cas, à des conclusions assez différentes de celles de M. Arnoux.

» De là vient aussi que, dans les machines compound, le rapport du nombre de spires en série à celles en dérivation est relativement élevé.

» C'est ce que montrent du reste les courbes (*fig. 8 et 9*) qui

Fig. 8.



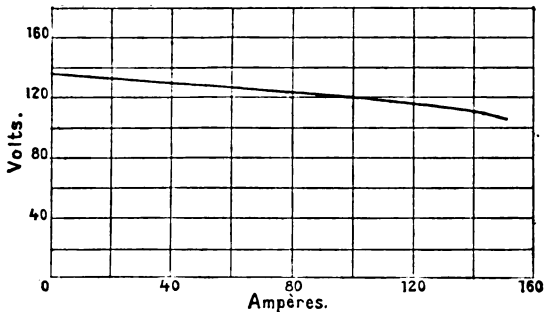
représentent respectivement, pour la machine de 12000 watts, la force électromotrice aux bornes à circuit ouvert, et la baisse de force électromotrice produite par le passage du courant dans l'induit, pour l'excitation normale en dérivation et pour une vitesse voisine de la valeur normale (1400 tours au lieu de 1200).

» Comme on le voit, le coude est très accusé dans la courbe de

champ magnétique, et la force électromotrice de 110 volts à circuit ouvert correspond à ce coude.

» Comme la branche ascendante est presque rectiligne, ainsi que la courbe de la réaction d'induit, le compoundage est aisé et peut se faire entre des limites éloignées.

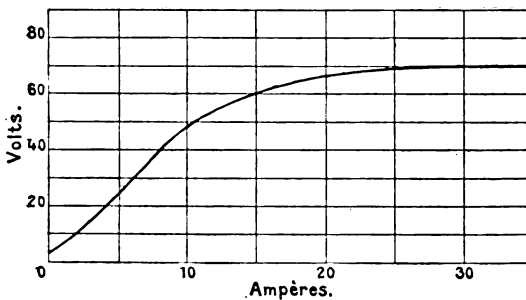
Fig. 9.



» Nous n'insistons pas sur cette détermination du rapport des enroulements excitateurs, qui est bien connue.

» La fig. 10 représente la caractéristique extérieure (courant,

Fig. 10.



force électromotrice aux bornes) d'une machine de 75 volts et 25 ampères tournant à 1900 tours. La résistance intérieure totale est de $0^{\text{ohm}},3$, et il y a 220 spires inductrices.

» Comme on peut le voir, la force électromotrice totale n'a aucune tendance à tomber pour des courants intenses; l'augmentation d'excitation contre-balance exactement la réaction de l'induit.

» *Détermination de la vitesse la plus favorable.* — Nous ne voulons pas quitter ce sujet sans dire quelques mots d'un résultat théorique

très remarquable auquel a conduit l'étude de ces machines, et qui permet de déterminer facilement la vitesse d'une machine dynamo par la condition qu'elle fonctionne avec la puissance maximum qu'elle peut fournir sans dépasser un échauffement normal.

» Jusqu'ici nous n'avons pas soulevé la question du rendement industriel, parce qu'aucune mesure dynamométrique n'a encore été effectuée sur ces machines. Nous espérons que d'ici peu les essais qu'on effectuera sans doute à l'occasion de l'Exposition confirmeront toutes les espérances des constructeurs. Du reste, si ces mesures n'ont pas été faites, hâtons-nous de dire qu'on a procédé, à l'usine de la rue Lecourbe, à des essais qui permettent de se rendre compte facilement des diverses pertes autres que celles qui proviennent des résistances.

» La principale est celle causée par l'hystérésis du fer qui constitue le noyau de l'induit. On sait depuis longtemps que, lorsqu'on fait tourner dans son champ magnétique le noyau de fer divisé d'une machine dynamo, il s'échauffe presque autant que lorsque la machine débite.

» Il est très facile d'estimer le travail ainsi perdu, en faisant tourner la machine en étude comme moteur, à sa vitesse normale. Le travail électrique fourni à l'induit comprend alors les divers frottements, une légère perte produite dans les bobines mises en court circuit, et enfin le travail correspondant à l'hystérésis et aux courants de Foucault.

» Ce sont ces expériences effectuées sur toutes les machines qui ont permis de constater que l'emploi des dents n'entraîne pas dans ce cas de pertes exceptionnelles. Disons, du reste, que les résultats obtenus sont tout à fait du même ordre que ceux que l'on peut facilement déduire des mesures faites par M. J. Hopkinson dans de tout autres conditions. C'est bien l'hystérésis qui est cause de la plus grande partie de cette perte de travail.

» Ce fait permet d'établir quelle est la vitesse qui correspond aux meilleures conditions de fonctionnement. En effet, la puissance totale engendrée dans l'induit pour un champ donné est

$$(1) \quad P = kn\delta,$$

k étant une constante, n le nombre de tours et δ la densité de cou-

rant; il faut rendre P maximum avec la condition que le travail dépensé dans l'induit soit constant, pour que l'échauffement lui-même reste constant. Or ce travail dépend surtout de l'hystérésis et de la résistance du fil; la puissance correspondante est donc de la forme

$$(2) \quad P' = a\delta^2 + bn,$$

a et b étant des constantes.

» En remplaçant δ dans (1) par sa valeur tirée de (2), on trouve

$$P = kn \sqrt{\frac{P'}{a} - \frac{b}{a} n}.$$

» La seule variable est n , et l'on trouve facilement que le maximum de P correspond à une certaine vitesse pour laquelle la chaleur développée dans les fils induits est égale au tiers de la chaleur totale admissible, et celle qui provient de l'hystérésis, aux deux tiers.

» Sachant par expérience qu'il faut un certain nombre de centimètres carrés par watt dépensé, de 3 à 5, et que l'hystérésis absorbe tant de watts par tour, on trouve facilement la vitesse en question.

» Bien que le théorème ci-dessus, établi par M. Rechniewski, ne puisse être considéré comme rigoureux, comme du reste tous les théorèmes qui s'appliquent à n'importe quelle machine industrielle, puisqu'il implique un certain nombre d'hypothèses que l'on sait ne correspondre à la réalité que d'une manière approchée, il n'en a pas moins un très grand intérêt et apporte un élément important dans le calcul des machines dynamos. Hâtons-nous de dire qu'il conduit à des résultats qui ne s'écartent pas beaucoup de ceux que l'expérience a enseignés aux bons constructeurs.

» La vitesse ainsi déterminée est également celle qui correspond au meilleur rendement, tant que le travail perdu par l'hystérésis n'augmente pas beaucoup plus vite que le champ magnétique.

» On pourrait opposer à ce raisonnement les résultats obtenus avec les machines dynamos de M. Parsons, mais il est facile de voir qu'il n'en est rien et que réellement, dans ce cas, c'est le moteur qui a obligé à atteindre ces vitesses extraordinaires pour lesquelles la dynamo ne fonctionne pas dans de bonnes conditions. A ce point de vue, il y aurait avantage à diminuer la vitesse; on n'a pu, du reste,

l'atteindre qu'en sacrifiant une partie des avantages mêmes qui résultent d'une grande vitesse : ainsi, quoique l'entrefer soit faible, on a été obligé d'avoir des champs très peu intenses, de manière que l'aimantation soit très faible dans le noyau de fer.

» En partant des données d'une machine de 200 ampères et 80 volts, en admettant une vitesse de 10 000 tours par minute, nous avons trouvé que le champ moyen n'est que de 2200 C.G.S. ou au plus 3300 sous les pièces polaires; l'induction dans le fer ne serait que de 6700 C.G.S.

» Malgré cela, on trouve, en partant des chiffres donnés par M. Hopkinson, que la perte par l'hystérésis seule est de 4 pour 100 de la puissance utile, alors qu'on ne perd que 0,7 pour 100 par la résistance de l'induit.

» Mais nous ne voulons pas insister sur ce point, notre but n'étant pas d'établir une comparaison. Nous espérons, par les résultats et les chiffres qui précèdent, avoir donné une idée favorable des machines combinées par notre Collègue; nous espérons que cette impression sera confirmée par les résultats d'essais officiels. Quant à la construction de ces machines et à la manière dont elles se comportent en service normal, vous pourrez en juger à l'Exposition, où ces machines figurent pour une puissance de 400 chevaux dans l'usine que la Société *l'Éclairage électrique* a fait ériger sur les berges de la Seine et qui contribue à l'éclairage général. Vous les verrez également dans la section russe et enfin dans la section des États-Unis. Nous sommes particulièrement heureux de constater ce dernier succès, car nous n'avons que trop souvent l'occasion de signaler des importations en sens inverse. »

✓ M. le Président remercie M. Maylan.

[A l'issue de la séance, on a fait fonctionner une petite installation de transmission électrique. Deux machines de 5500 watts couplées par un manchon fonctionnaient, l'une comme génératrice, l'autre comme moteur, les pertes étant compensées par le travail fourni, avec intermédiaire d'une courroie, par un moteur de 1800 watts alimenté par une batterie d'accumulateurs système Pollak.]

M. LE PRÉSIDENT. — « Messieurs, l'ordre du jour de notre séance

porte l'indication d'une Communication de M. E. Mercadier sur la Phonographie et la Téléphonographie; mais, vu l'heure avancée et par suite de l'intérêt exceptionnel de la présentation que veut bien nous faire M. Cadou, délégué par M. le colonel Gouraud, et afin de laisser tout le temps nécessaire pour cette Communication, M. Mercadier nous a gracieusement offert de renoncer aujourd'hui à prendre la parole. Nous avons dû accepter son offre, en comptant qu'il voudra bien reporter son intéressante conférence à l'une de nos plus prochaines réunions. »

LE PHONOGRAPHE EDISON.

Le texte de cette Communication, qui n'a pu être élaboré en temps utile, sera publié dans le prochain numéro du *Bulletin*.

Des auditions variées suivent la présentation du nouveau *phonographe* et sont accueillies par les applaudissements de l'Assemblée.

Puis, M. Cadou ayant prié M. le Président de vouloir bien, à titre d'expérience, prononcer quelques mots que l'appareil pût enregistrer et reproduire, M. le colonel Sébert s'exprime ainsi :

M. LE PRÉSIDENT. — « Le Président de la Société internationale des Électriciens remercie M. Cadou et avec lui M. Hammer et M. le colonel Gouraud d'avoir bien voulu présenter dans cette séance le nouveau phonographe d'Edison.

» Il est heureux d'avoir, au nom de la Société, à féliciter Edison des nouveaux perfectionnements qu'il a su apporter à un appareil qui restera l'une des plus surprenantes conquêtes de notre époque.

» La Société espère que cette merveilleuse invention, qui va relever l'éclat de notre Exposition universelle, contribuera aussi à resserrer les liens fraternels, aujourd'hui centenaires, qui existent entre les États-Unis d'Amérique et la France. » (*Applaudissements.*)

Cette improvisation est fidèlement répétée par le phonographe.

M. le Président informe la réunion que M. Cadou offre de se mettre, après la séance, à la disposition des membres de la Société pour des expériences d'auditions particulières.

La séance est levée à 10^h 20^m.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DU PALAIS-ROYAL (1).

M. A. VERNES. — « Messieurs, la station centrale d'électricité dont nous allons nous occuper ce soir a été décidée au mois d'août 1887, à la suite de l'incendie de l'Opéra-Comique, par M. Spuller, alors Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts.

» Elle avait pour objet principal l'éclairage de la Comédie-Française et des bâtiments civils.

» Le seul emplacement disponible pour l'installation des machines se trouvait au rez-de-chaussée de la cour d'honneur, près de la rue de Valois, dans les bâtiments occupés par la Direction des Bâtiments civils et par le Conseil d'État.

» Il comprenait une grande salle mesurant 7^m sur 8^m, ayant servi de cuisine au prince Napoléon.

» Cette salle, qui avait pu convenir parfaitement à son premier emploi, était notoirement insuffisante pour celui auquel on voulait la destiner.

» En utilisant les sous-sols de cette salle pour y placer les moteurs et en disposant les chaudières au rez-de-chaussée, il fut possible de préparer une étude complète comportant tout le matériel nécessaire à l'éclairage du Palais-Royal.

» Il ne restait plus qu'à commencer les travaux, lorsqu'une difficulté imprévue vint heureusement tout arrêter.

» Le Conseil d'État, qui, par suite des vacances, n'avait pu être consulté sur le choix de l'emplacement, manifesta, à la rentrée, une répulsion invincible à siéger au-dessus d'une salle contenant des générateurs de vapeur.

» Ce sont ces craintes qui ont conduit, après un retard de dix mois, la Compagnie continentale Edison à faire creuser, au milieu de la cour d'honneur, la salle actuelle que vous allez visiter.

» Comme vous pouvez le voir en examinant le plan d'ensemble, la salle des machines et des générateurs se trouve disposée de façon

(1) Communication faite en séance du 3 avril 1889.

à n'avoir aucune communication directe avec le sol de la cour d'honneur, tous les services de l'usine se faisant par la rue de Valois.

» La salle contenant les machines et les chaudières mesure exactement intérieurement 28^m de longueur sur 18^m de largeur ; la hauteur sous plafond est de 5^m.

» Un lanterneau de 13^m sur 9^m, s'élevant de 3^m au-dessus du sol de la cour, sert à l'éclairage de la salle.

» Deux autres lanterneaux placés aux extrémités servent à assurer : l'un la ventilation de la salle des machines ; l'autre, de la salle des générateurs.

» La salle de chauffe, qui mesure 7^m de largeur sur 18^m de longueur, est séparée par une cloison de la salle des machines.

» Elle est disposée pour recevoir sept générateurs Belleville de 1800^{kg}, timbrés à 12^{kg}.

» Cinq générateurs sont actuellement en place. L'alimentation se fait au moyen de deux petits chevaux Belleville, reliés à deux réservoirs recevant l'eau de la Ville et placés à l'extrémité de la salle de chauffe. La tuyauterie d'alimentation est double.

» La salle des machines, d'une longueur de 21^m sur 18^m de large, est disposée pour recevoir huit machines Pilon de 150 chevaux.

» Ces machines, construites par MM. Weyher et Richemond, de Pantin, sont à triple expansion. La vapeur est admise dans le petit cylindre à une pression de 10^{kg}, ce qui permet d'arriver à une consommation de 6^{kg} de vapeur par cheval indiqué.

» Les moteurs sont placés sur deux lignes de quatre, séparés par un passage central de 2^m. Ils tournent à 160 tours par minute.

» Le service de la condensation est placé près de la cloison des générateurs. Il comprend une grande cloche d'arrivée de vapeur, reliée à deux groupes de condenseurs automoteurs. Le vide est toujours maintenu sur la conduite d'échappement ; il suffit de faire varier le volume d'eau d'injection suivant le nombre de moteurs en marche, ce qui simplifie beaucoup le service.

» Les dynamos sont disposées de même sur deux lignes de quatre.

» Elles ont été construites par la Compagnie continentale Edison, dans ses ateliers d'Ivry-sur-Seine. Elles peuvent fournir 100000 watts à la vitesse de 350 tours par minute.

» Elles sont actionnées sans renvois par les moteurs, laissant de chaque côté de l'usine un passage libre de 2^m.

» Avant de décrire la canalisation, revenons sur nos pas et reprenons la description des services accessoires de l'usine, qui ont été placés dans les sous-sols des bâtiments civils.

» L'accès de la salle des machines est assuré par une galerie souterraine de 2^m de largeur, de 3^m de hauteur et de 20^m de longueur, aboutissant aux caves de la rue de Valois.

» Le charbon, que l'on décharge directement de la rue de Valois dans ces caves, est amené par cette galerie, au moyen d'une voie Decauville, jusque dans la chambre de chauffe. Les ouvriers sont obligés de passer par cette galerie, la seule qui permette d'entrer dans l'usine. On évite ainsi de troubler extérieurement les promeneurs du Palais-Royal.

» Le puits destiné à alimenter les condenseurs est placé près des soutes à charbon; il peut débiter 100^{mc} d'eau à l'heure, ce qui suffit aux besoins actuels.

» Comme réserve, trois réservoirs de 55^{mc} ont été construits sur place et placés dans les sous-sols vacants; ils sont reliés entre eux par une tuyauterie communiquant avec le service des condenseurs.

» L'eau du puits est élevée au moyen de deux pompes centrifuges Neut, l'une de 100^{mc}, l'autre de 15^{mc}, actionnées chacune par un moteur électrique Edison. La petite pompe sert pour la marche de jour, au moment où le réseau est peu chargé. Cette disposition est avantageuse en raison du peu d'entretien qu'elle demande.

» La cheminée a pu être dissimulée en grande partie en la construisant dans l'intérieur des bâtiments de la rue de Valois. Elle a 2^m, 50 de diamètre à la base et 2^m au sommet, avec une hauteur totale de 36^m.

» Une galerie horizontale de 25^m de longueur relie les carnaux de fumée à la base de la cheminée; on a pu réserver le long de cette galerie des chemins voûtés permettant de nettoyer les carnaux sans avoir à arrêter les feux.

» La sortie des câbles alimentant le réseau se fait par une autre galerie allant rejoindre le service des égouts du Palais-Royal.

» L'usine électrique alimente spécialement le Théâtre-Français,

Le théâtre du Palais-Royal, la Cour des Comptes, le Conseil d'État et la Direction des Bâtiments civils.

» Elle dessert en outre tous les abonnés des galeries Beaujolais et de Valois.

» Tous les câbles partent d'un tableau central placé dans la salle des machines. Ce tableau comprend un jeu d'inverseurs recevant le courant des dynamos et un jeu de régulateurs de champ magnétique, le tout monté sur bâti en fonte. La distribution se fait suivant le système Edison à trois conducteurs.

» En raison de la forme rectangulaire du Palais-Royal, une ceinture fermée était tout indiquée. Tous les abonnés, sauf les théâtres, sont branchés sur cette ceinture.

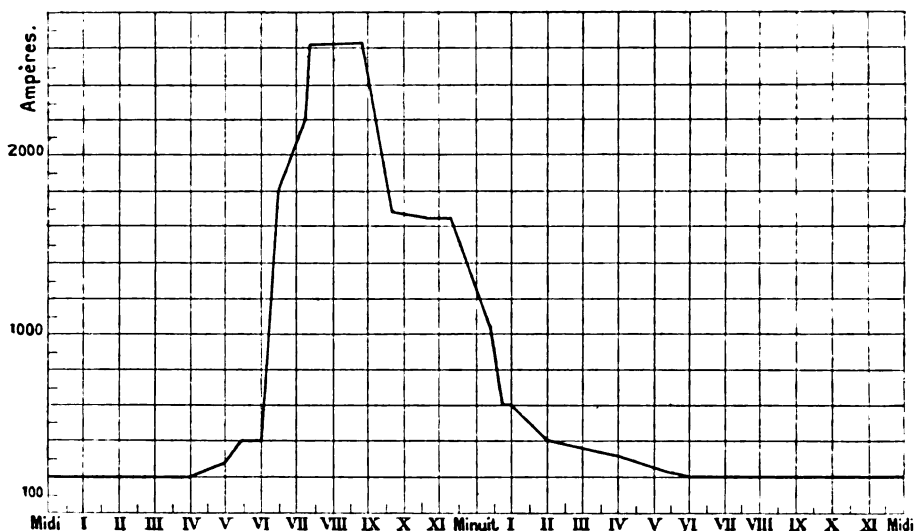
» La ceinture est alimentée par 5 feeders répartis à peu près également sur les deux grands côtés du rectangle. Le feeder le plus faible a 90^{mm} de section, le plus fort a 240^{mm}.

» Les câbles, isolés au caoutchouc, ont été placés dans les égouts circulant dans l'intérieur du Palais; il a fallu les prolonger dans certaines parties, sauf du côté où était situé autrefois le café de la Rotonde, et où les égouts ont été remplacés par des conduites en fonte d'un modèle spécial.

» Les câbles sont suspendus à des traverses en fer et maintenus par des isolateurs en porcelaine en deux pièces, disposés de façon à pouvoir serrer le câble et à lui conserver une tension uniforme. Les épissures et les branchements ont été faits avec un soin spécial, ils sont protégés par des boîtes en porcelaine présentant beaucoup plus de garantie d'isolement que le ruban ou la toile isolante employés généralement.

» Pour relier les abonnés au réseau, il a fallu souvent faire des percements de murs de 1^m,20 d'épaisseur et prendre de grandes précautions pour maintenir l'isolement de ces branchements. Le fil de chaque abonné passe directement par une boîte de jonction scellée dans le mur extérieur. Cette boîte contient deux plombs de sûreté qu'il suffit d'enlever pour interrompre le courant, si l'abonné ne paye pas. De cette boîte le courant passe par un compteur avant d'être distribué aux différents circuits. Le courant est fourni à raison de 0^{fr},15 l'ampère-heure. Le modèle de police indique, d'ailleurs, les conditions de l'abonnement (*voir* p. 280).

» Les abonnés ont le courant à leur disposition jour et nuit; la courbe ci-jointe vous permettra de suivre la production de l'usine pendant vingt-quatre heures.



» Comme vous le voyez, le courant fourni pendant le jour correspond à environ 200 ampères; à partir de 3^h 30^m la charge commence à se faire sentir, et la ligne des ampères monte brusquement pour arriver à un maximum, actuellement de 2900 ampères, ce qui correspond à l'éclairage des boutiques et des théâtres. La ligne redescend à partir de 10^h, au moment de la fermeture des boutiques, et reste stationnaire jusque vers minuit et demi, au moment de l'extinction des théâtres.

» Elle se maintient jusqu'au jour aux environs de 300 ampères.

» La production de l'usine va chaque jour en augmentant; elle sera portée sous peu à 4000 ampères, lorsque tous les abonnés seront reliés. On procède actuellement à l'installation de plusieurs moteurs électriques chez les bijoutiers; il y aura là une utilisation avantageuse du courant pendant le jour.

» Le courant a été fourni pour la première fois de l'usine le 1^{er} janvier 1889, six mois après le commencement des travaux.

» Il y a eu des travaux de fouilles très intéressants à faire, pour pouvoir établir sur un sol étanche une salle de machines qui se trouve à 1^m, 80 environ en contre-bas des crues de la Seine. Trois

galeries de ventilation ont été réservées entre le radier de béton et les contre-voutes en briques se reliant aux massifs, de façon à amener de l'air froid par des regards espacés dans la salle des machines et des chaudières; cet aérage très simple permet le renouvellement continu de l'air sans nécessiter de ventilateurs.

» Le cube de terre extrait a été de 4800^m^c, le cube des maçonneries de 1800^m^c. L'espace vide de la construction, en y comprenant les passages, caniveaux, carneaux de fumée, etc., est de 3350^m^c.

» M. Chabrol, architecte du Palais-Royal, a conduit avec son habileté habituelle toute la construction de l'usine, qui pourra servir, je l'espère, d'exemple à beaucoup d'autres. Je profite de la circonstance pour remercier M. Hébert, le Directeur de l'usine du Palais-Royal, de tout le zèle qu'il a apporté pour étudier et perfectionner dans chaque détail tous les travaux de la partie électrique et mécanique rattachés à son service. »

Nota. — Depuis cette Communication, l'usine électrique du Palais-Royal a fourni l'éclairage du Palais de l'Élysée; on trouvera dans la *Chronique* des détails sur ce nouveau service.

CONGRÈS INTERNATIONAL DES ÉLECTRICIENS.

Le Congrès international des électriciens réuni à Paris en 1881 marque une date importante dans l'histoire de l'électricité. La consécration des unités pratiques a eu sur le développement de la Science et de l'Industrie une influence dont on ne saurait exagérer la portée. La rapidité et la facilité extrêmes avec lesquelles les décisions du Congrès ont été acceptées, dans l'atelier comme dans le laboratoire, démontrent l'utilité de ces grandes assises de la Science où toutes les lumières et toutes les compétences font concourir leurs efforts à un but commun.

L'Exposition internationale de 1889 offre une occasion toute naturelle de continuer et de compléter l'œuvre de 1881; non que le nouveau Congrès ait à traiter des problèmes d'un ordre aussi géné-

ral et aussi élevé, mais beaucoup de questions restent encore sur lesquelles une entente ou tout au moins un échange de vues est désirable. Dans le programme qu'elle a préparé, la Commission d'organisation n'a pas eu la prétention de les indiquer toutes, et encore moins celle d'imposer des limites au champ d'activité du Congrès. Elle a voulu seulement appeler l'attention sur celles qui lui paraissent d'un intérêt plus général et plus immédiat. Nous croyons répondre au sentiment unanime des électriciens en mettant en première ligne les questions suivantes : mesure pratique de l'énergie électrique sous toutes ses formes ; mesure du courant en valeur absolue avec étalon de reproduction facile ; compteurs d'électricité pour les courants continus et alternatifs ; évaluation pratique de l'éclairage ; définition des constantes d'une machine au point de vue commercial, etc.

Nous espérons que les savants et les industriels qui ont contribué aux progrès et aux applications de l'électricité et toutes les personnes qui s'intéressent à cette branche nouvelle de l'activité humaine voudront bien répondre à notre appel et contribuer à donner à cette réunion l'importance et l'autorité de celle qui l'a précédée.

Paris, 15 avril 1889.

Le Président
du Comité d'organisation du Congrès,
E. MASCART.

EXTRAIT DU RÈGLEMENT.

ART. 2. — Le Congrès s'ouvrira le 24 août ; sa durée sera de huit jours.

ART. 3. — Seront membres du Congrès les personnes qui auront adressé leur adhésion au président de la Commission d'organisation avant l'ouverture de la session, ou qui se feront inscrire pendant la durée de celle-ci, et qui auront acquitté la cotisation, dont le montant est fixé à *vingt francs*.

ART. 4. — Les membres du Congrès recevront une carte qui leur sera délivrée par les soins de la Commission d'organisation. Ces cartes sont strictement personnelles. Toute carte prêtée sera immédiatement retirée.

ART. 5. — Le Congrès procédera, lors de la première séance, à la constitution de son Bureau.

ART. 11. — Un compte rendu des travaux du Congrès sera publié par les soins du Bureau. Chaque membre du Congrès aura droit à un exemplaire de ce compte rendu.

NOTA. — *Prière d'adresser les adhésions à M. MASCART, président du Comité d'organisation du Congrès, 44, rue de Rennes, à Paris.*

Les membres qui auront versé leur souscription recevront, à très bref délai, leur carte personnelle et une série de Notices sur quelques points du programme.

PROGRAMME.

PREMIÈRE SECTION.

Mesures.

Unités. — Travaux récents sur l'unité de résistance. — Rapport des unités du système électromagnétique et du système électrostatique. — Nouvelles unités pratiques.

Instruments de mesure des diverses grandeurs électriques : courant, résistance, force électromotrice, capacité, coefficient d'induction, champ magnétique, puissance, énergie.

Étalons pratiques de courant et de force électromotrice.

DEUXIÈME SECTION.

Machines d'induction. — Transformations. — Distribution.

Progrès récents dans la théorie et la construction des machines génératrices et réceptrices. — Calcul de leurs éléments. — Procédés de régularisation automatique. — Définition et mesure du rendement. — Comparaison des machines à courants alternatifs et à courants continus.

Transformateurs, à courants continus, à courants alternatifs. — Calcul de leurs éléments. — Détermination du rendement. — Comparaison des deux systèmes.

Systèmes de distribution. — Canalisation.

Stations centrales. — Avantages et inconvénients de l'emploi des machines de grande puissance comparé à celui d'un groupe équivalent de machines de puissance réduite. — Machines de réserve. — Avantages et inconvénients des liaisons électriques et mécaniques des machines entre elles.

TROISIÈME SECTION.

Électrochimie.

Piles et accumulateurs. — Types employés dans l'industrie : force électromotrice, débit, capacité, durée. — Prix de revient de l'énergie électrique.

Électrolyse. — Force électromotrice nécessaire à l'électrolyse des composés usuels. — Galvanoplastie. — Densités de courants, composition de bains, températures employées ; leur influence sur la qualité des dépôts. — Séparation et affinage des métaux.

Électrométallurgie. — Fourneaux électriques. — Soudure électrique.

QUATRIÈME SECTION.

Éclairage.

Éclairage des habitations, des ateliers, de la voie publique. — Éclairement nécessaire dans chaque cas. — Sa mesure. — Distribution et intensité des sources à employer. — Comparaison entre l'arc voltaïque et les lampes à incandescence. — Lampes à incandescence de grande intensité.

Régulateurs. — Moyens à employer pour diminuer les résistances entre les sources et les lampes.

Lampes à incandescence. — Procédés nouveaux de fabrication. — Leur influence sur le rendement et sur la durée.

Mode d'exploitation des stations centrales.

CINQUIÈME SECTION.

I. — *Télégraphie.*

Emploi des machines à la production des courants. — Établissement, emploi et durée des lignes souterraines ou sous-marines. — Lignes aériennes. — Appareils à transmission rapide. — Appareils multiples. — Paratonnerres.

II. — *Téléphonie.*

Perfectionnements dans les téléphones et microphones. — Piles.

Établissement des lignes. — Effets d'induction. — Téléphonie à grande distance.

Organisation des bureaux centraux. — Commutateurs.

Postes d'abonnés et cabines publiques. — Emploi d'une seule ligne pour plusieurs postes.

Règlements de service.

Statistique et législation.

III. — *Applications diverses.*

Horloges électriques; chronographes. — Enregistreurs. — Signaux. — Applications à la guerre, à la marine et aux travaux publics. — Courants telluriques.

SIXIÈME SECTION.

Électrophysiologie.

Comparaison des effets obtenus par l'emploi des divers appareils médicaux. — Nécessité de définir les courants dont on fait usage.

Nature des phénomènes électriques qui se produisent chez les êtres vivants.

Effets des décharges, des courants continus et alternatifs sur les animaux. — Électrolyse des tissus. — Précautions à prendre dans les installations électriques.

CONFÉRENCES-PROMENADES.

La Société internationale des Électriciens organise, à l'occasion de l'Exposition universelle, une série de conférences-promenades. Ces conférences auront lieu à 10^h30^m du matin et seront suivies d'une visite aux appareils exposés.

Les membres de la Société recevront par ses soins une carte portant indication des sujets traités par les spécialistes électriciens qui ont bien voulu promettre leur concours, des jours et heures choisis ainsi que de la salle où les conférences auront lieu.

SOUSCRIPTION A UN SOUVENIR COMMÉMORATIF A L. GAULARD.

La Société italienne d'Électricité, à Milan, a pris l'initiative d'une souscription destinée à élever un monument à la mémoire de Gaulard, dans la ville de Lanzo.

On se souvient que c'est la gare de cette ville, distante de Turin de 40^{km}, que Gaulard put éclairer à l'aide des machines situées dans l'Exposition et de ses générateurs secondaires.

La Société italienne d'Électricité invite tous les électriciens et les amateurs de tout progrès à rendre à cet inventeur un hommage d'admiration dont le souvenir serait conservé par la station de Lanzo, où fut consacré le succès des expériences qu'il exécuta pour la première fois avec son transformateur.

La Société internationale des Électriciens centralisera volontiers les souscriptions de ceux de ses membres qui voudraient s'associer à cette œuvre : elles peuvent d'ailleurs être envoyées directement au caissier de la Société italienne, M. Wolf (Caisse d'épargne de Milan).

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. Ouverture de l'Exposition universelle. — II. Le phare et les projecteurs de la tour Eiffel. — III. La lumière électrique au Palais de l'Élysée. — IV. Rendement des lampes incandescentes avec les courants continus et alternatifs. — V. Tarif d'éclairage à Montréal. — VI. Traction par l'électricité dans les mines de charbon. — VII. Durée des lampes incandescentes. — VIII. Le centenaire d'Ohm. — IX. Transit de nuit au canal de Suez. — X. Le quartz matière isolante. — XI. Emploi de l'électricité pour le tannage. — XII. Procédé de platinage de la porcelaine. — XIII. Raffinage du sucre par l'électricité. — XIV. Développement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans l'Uruguay. — XV. Électricité et lumière. — XVI. Conditions d'abonnement à l'éclairage électrique.

I. L'ouverture de l'Exposition universelle. — La lumière électrique a, naturellement, joué un rôle considérable lors de l'ouverture de l'Exposition universelle, dans la soirée du 6 mai.

L'éclairage des jardins, des galeries, des fontaines lumineuses et de nombreux restaurants absorbait toutes les ressources du Syndicat international des Électriciens, auquel les difficultés n'avaient pas été ménagées.

Celles qui résultaient de véritables cas de force majeure, telles que les semaines perdues par suite de l'inondation d'une des principales usines par les crues de la Seine, n'ayant pu être surmontées, on a dû se décider à recourir à des ressources provisoires. La Société *l'Eclairage électrique* a dû, par exemple, installer en six jours une usine provisoire de 100 chevaux, et poser des câbles volants pour y rattacher les foyers du jardin.

D'autres ressources provisoires ont été demandées à l'usine de MM. Sautter et Lemonnier, voisine du Champ-de-Mars.

Les usines de la Société Gramme et de la Compagnie Edison, entièrement prêtes, ont pu alimenter l'éclairage des pelouses et celui des fontaines lumineuses.

Le succès de celles-ci, sous l'habile direction de M. Napoli et des agents de M. Galloway, a été aussi complet que possible, et a soulevé à plusieurs reprises les applaudissements et les acclamations du public qui contemplait pour la première fois les merveilleux effets de cette heureuse association des ressources de l'Hydraulique et de l'Électricité.

L'éclairage général est dès aujourd'hui complet et effectué par les moyens du Syndicat international des Électriciens, conformément au plan que les lecteurs ont connu par la remarquable Communication de M. H. Fontaine, son président.

II. Le phare et les projecteurs de la tour Eiffel. — Le phare électrique installé au sommet de la tour Eiffel est pareil de tous points aux plus puissants des phares qui ont été montés sur les côtes de France.

La lampe électrique placée au centre a un pouvoir éclairant de 10000 carcel. Une particularité, légitimée par le but patriotique de l'Exposition, la signale au loin à l'attention du public : elle porte trois lentilles colorées en bleu, blanc et rouge, de sorte

que les trois couleurs nationales font lentement le tour de la coupole. De l'enceinte de l'Exposition, il est impossible de voir le phare; ce n'est que de 1500^m environ qu'on peut l'apercevoir : par exemple, de l'esplanade des Invalides, de la place de la Concorde, du Palais de l'Industrie. Portant à 97^m, lorsque le temps sera favorable, ce phare permettra de déterminer les lois de la réfraction atmosphérique.

La partie tournante en est mise en rotation par un courant accessoire venant du bas de la tour comme le courant principal.

On a placé également deux projecteurs électriques qui, de la tour, promènent sur Paris de puissants rayons lumineux. Ces projecteurs n'ont pas moins chacun de 0^m,90 de diamètre. Placés à 290^m, près des appartements de M. Eiffel, au-dessous du phare, ils porteront par les temps clairs jusqu'à 10^{km} environ. Ils sont identiques à ceux en service sur les cuirassés de notre flotte. Leur puissance lumineuse égale celle de 10 000 becs de Carcel, et l'intensité totale de leurs rayons lumineux équivaut théoriquement à environ 8 millions de carcels.

C'est à l'usine Sautter et Lemonnier, d'où sont sortis les appareils électriques de la tour, qu'ont été faits les essais préparatoires.

Trois ouvriers électriciens, prêtés à M. Eiffel pendant la durée de l'Exposition, sont employés le jour au nettoyage de leur appareil et en dirigent le soir, de 8^h à 11^h, la lumière sur les points culminants de Paris.

(Bulletin international de l'Électricité.)

III. La lumière électrique au Palais de l'Élysée. — Le dîner offert par le Président de la République, le 9 mai, et la réception qui a suivi ont été éclairés à la lumière électrique dans des conditions toutes spéciales.

Une machine à courants alternatifs, W6 du système Zipernowsky, de 2000 volts et 40 ampères, a été installée dans l'usine du Palais-Royal de la Compagnie continentale Edison. Cette machine, construite dans les ateliers d'Ivry, envoie son courant dans un câble de 50^{mm}² de section, à conducteurs concentriques, construit et posé par la Société générale des Téléphones. Ce câble, placé en égout le long de la rue de Rivoli, continue en tranchée le long de l'avenue Gabriel et aboutit, par le jardin de l'Élysée, à une salle où est établi un poste de transformateurs; le courant secondaire est distribué suivant le système Edison à 3 conducteurs sur deux ponts de 50 volts. Les lampes, au nombre de 2000 environ, sont réparties dans les salons du Palais.

Tous les travaux ont pu être achevés en quinze jours, et les essais faits huit jours avant la date de la fête. Ils ont d'ailleurs pleinement réussi, et n'ont nécessité aucune retouche dans aucune partie de l'installation.

Cette application fait le plus grand honneur aux Sociétés qui ont pu la réaliser dans un aussi bref délai, malgré les travaux considérables que l'Exposition universelle nécessitait d'autre part, en absorbant la plus grande partie de leurs moyens d'action, et leur a valu des témoignages de haute satisfaction et des éloges mérités.

IV. Rendement des lampes incandescentes avec les courants continus et alternatifs. — Le problème à résoudre est de savoir si la même puissance donne le même éclat aux lampes incandescentes suivant que le courant est continu ou alternatif. La solution complète comprendrait aussi la connaissance de la durée des lampes dans les deux conditions, pour tenir compte du coût de leur renouvellement; mais, les chiffres faisant défaut à cet égard, on s'est borné à la mesure du rendement.

Par un ingénieux arrangement de circuits et de résistances, la lampe en essai pouvait être alimentée soit par le courant alternatif d'une machine Ferranti, soit par le courant direct d'une machine Gramme.

Le courant était mesuré par un électrodynamomètre construit spécialement avec du fil exceptionnellement fin, afin d'avoir une densité de courant aussi uniforme que possible. La différence de potentiels était prise à l'aide d'un voltmètre sans induction.

La lumière était comparée à celle d'une bougie-étalon, à travers un verre rouge rubis et un verre vert, successivement.

La moyenne de 75 observations indique que, en lumière verte, il faut, pour une bougie, 2,857 watts en courant alternatif et 2,811 en courant continu; en lumière rouge, il faut 3,247 et 3,286 watts respectivement. La moyenne générale des observations donne : pour le courant alternatif 3,0497 watts par bougie, et pour le courant continu 3,0490 watts par bougie.

Cette très petite différence peut être, d'après les auteurs, rejetée sur les erreurs d'observation, et ils en concluent que le rendement en lumière des lampes incandescentes est le même pour les courants continus ou alternatifs. (*Phil. Mag.*)

V. Tarif d'éclairage à Montréal. — La ville de Montréal est éclairée par la Royal Electric Co, à un tarif assez particulier. Pour l'éclairage des habitations et pour l'année, la première lampe coûte 8 dollars, la deuxième 7 dollars, la troisième 6 dollars, la quatrième 5 dollars, la cinquième et la sixième 4 dollars, et toutes les autres 2 dollars. Le résultat final, avec cette échelle décroissante, peut s'énoncer comme il suit :

Nombre de lampes.	Prix en dollars par mois.	Moyenne par lampe.
5.....	2,20	fr. 2,20
10.....	3,42	1,40
15.....	4,25	1,40
20.....	5,08	1,25
30.....	10,08	1,00

Les appartements de réception sont garnis de lampes de 16 bougies, les autres pièces de lampes de 10 bougies. Celles-ci sont remplacées par des lampes de 16 bougies moyennant une surtaxe de 1,50 dollars, et les lampes de 16 bougies par des lampes de 25 bougies pour 5 dollars par an. La Compagnie entretient 425 lampes à arc d'une puissance totale de 50000 bougies, et 20000 lampes à incandescence.

(*Electrician*, 18 janvier 1889.)

VI. Traction par l'électricité dans les mines de charbon. — Dans un Mémoire lu à la Société des Ingénieurs de Philadelphie, M. Sheaffer dit que la Compagnie des Charbonnages de la Lykens-Valley a introduit avec succès la traction électrique dans ses mines du comté de Dauphin (Pa.). Le parcours est de 2100^m; un troisième rail court le long de la voie. La charge moyenne est de 20 wagonnets par voyage, ou de 850 tonnes par jour, soit par jour 1040 tonnes-mille. La Union Electric Co, qui a fait l'installation, évalue les frais de traction à 5,71 dollars par jour, soit de 3^{fr},35 par tonne-mille. Mais, en ménageant même les pentes, et employant des wagons plus pesants, on pourrait, assure-t-on, descendre à 2^{fr} par tonne-mille. Dans un précédent Mé-

moire, l'auteur avait donné le prix de la traction par chevaux ou par vapeur à la houillère de Kalmia. Il établit entre ces résultats la comparaison suivante :

	Chevaux.	Vapeur.	Électricité.
Prix par tonne-mille.....	9 ^{fr} ,10	3,00	De 2 ^{fr} ,00 à 3 ^{fr} ,35

Il faut toutefois se rappeler que les prix de la traction par chevaux et à vapeur se rapportent à 1882, et que, par suite, la comparaison n'est pas tout à fait exacte.

(*Electrician*, 1^{er} février 1889.)

VII. Durée des lampes incandescentes. — Un précédent numéro du *Bulletin* a donné quelques exemples de longue durée de lampes incandescentes : en voici un nouveau.

Aux mines de houille de Cannock Chase, des lampes Woodhouse et Rawson ont duré 7475, 6897, 5957, 5000 heures.

Les lampes sont de 20 bougies sous 80 volts.

La durée moyenne, y compris les ruptures accidentelles, est d'environ 2000 heures.

VIII. Le centenaire d'Ohm. — Georges-Simon Ohm, que l'on peut appeler « le créateur des lois fondamentales de l'Électricité », est né à Erlangen, en Bavière, et c'est à l'Académie des Sciences de Munich que l'on vient de célébrer son centenaire.

Fils d'un serrurier, qui, assez instruit lui-même, lui fit faire de bonnes études, Ohm se distingua rapidement et arriva au professorat : il fut nommé au Collège des jésuites de Cologne, où il eut un cabinet de Physique à sa disposition, et c'est alors qu'il commença ces travaux qui devaient acquérir dans la suite une si grande importance. Toute sa vie fut semée de peines et de déboires : il n'avait pas la force ni l'intrigue nécessaires pour faire admettre par le public la valeur de ses découvertes.

Ce fut en 1827 qu'il publia la *Théorie mathématique du circuit galvanique*, et il écrivait dans la Préface cette phrase qui dépeint bien sa situation : « Les circonstances dans lesquelles j'ai vécu jusqu'ici n'ont pas été de nature à encourager mon ardeur pour les découvertes ; l'indifférence du public menace de l'éteindre. »

On ne fit point attention à cet Ouvrage, et le Ministre l'accueillit de telle sorte que le savant, blessé dans sa dignité, crut de son devoir de donner sa démission.

Il fut alors misérable jusqu'à sa mort, et ce n'est que longtemps après que l'on reconnut la valeur de cet homme et qu'on a rendu justice à ses travaux.

On sait que le Congrès international des Électriciens réuni à Paris en 1881 a donné le nom d'*ohm* à l'unité de résistance électrique.

(*Journal du Gaz et de l'Électricité*.)

IX. Transit de nuit au canal de Suez. — Dans le courant de l'année dernière, le nombre des navires qui ont traversé de nuit le canal de Suez à l'aide de la lumière électrique s'est élevé à 1611 contre 395 en 1887. Ce chiffre représente plus du tiers du transit.

La durée moyenne de ces traversées, faites avec l'aide de l'éclairage électrique, est maintenant moindre que vingt-trois heures.

(*The Electrician*.)

X. Le quartz matière isolante. — Dans une récente séance de la Physical Society de Londres, M. C.-V. Boys a fait une Communication sur les propriétés isolantes du quartz. Celles-ci sont considérablement plus élevées que celles du verre. De plus, le

quartz a le grand avantage de n'être nullement hygrométrique. Le quartz qui a été fondu une fois se travaille plus aisément que le verre.

Après l'avoir plongé dans l'ammoniaque ou la potasse, il suffit d'un lavage à l'eau pour lui rendre ses propriétés isolantes.

Après un long séjour dans un bain de potasse caustique fondue, le quartz perd une partie de ses propriétés isolantes, mais il reste encore supérieur au verre.

L'auteur pense que cette matière pourra être avantageusement employée dans certains appareils électrostatiques.

XI. Emploi de l'électricité pour le tannage des peaux. — L'Électricité vient de trouver une application dans l'industrie de la tannerie. Les avantages que présente ce nouveau procédé sont, dit-on, une grande rapidité de tannage, une diminution du prix de revient et une économie de main-d'œuvre, sans altération de la solidité et de la souplesse. Les cuirs *verts* sont placés dans un cylindre animé d'un mouvement lent de rotation autour d'un axe horizontal, et contenant une solution de tannin soumise à l'action d'un courant électrique.

La durée de l'opération dépend de la nature du cuir vert : le jeune veau, la chèvre et le mouton exigent un traitement de vingt-quatre heures; le cheval et le bœuf de soixante-douze à quatre-vingt-seize heures. Par le procédé ordinaire au tan, un tannage complet n'aurait été obtenu qu'après cinq ou six mois dans le premier cas, et après douze dans le second.

Le rôle de l'électricité n'est pas très bien connu : suivant S.-P. Thomson, le courant électrique ouvrirait les pores de la peau, facilitant ainsi le passage de la matière tannante; suivant Zwierchowski, la gélatine contenue dans la peau serait rendue plus perméable et, par suite, plus apte à absorber le tannin.

MM. Worms et Balé feront figurer à l'Exposition des harnais dont le cuir a été ainsi préparé.

Notons en passant que plusieurs brevets ont été déjà pris sur ce sujet, dont l'un par M. de Méritens.

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

XII. Procédé de platinage de la porcelaine de M. Sénét. — On applique une couche de bichlorure de platine (additionné d'un peu d'acide chlorhydrique pour le rendre légèrement liquide) ou de chloroplatinate d'ammoniaque, de préférence le premier, sur de la porcelaine pouvant aller au feu, et on la soumet, dans un moufle, à une température de 1000° à 1200° pendant quinze à vingt minutes.

La chaleur réduit le chlorure, et le platine fait corps avec la porcelaine. En répétant cette opération une ou deux fois, la porcelaine disparaît sous la couche de platine. Les capsules dont on fait usage dans les laboratoires peuvent être métallisées de la sorte, et, par suite, peuvent remplacer celles en platine; elles sont, pour ainsi dire, rendues incassables.

On a platiné de la même manière des électrodes en porcelaine, et les résultats ont été satisfaisants. Le courant passe bien. Ces électrodes pourront avoir quelques applications en Électricité, en raison de leur bas prix et de la simplicité du procédé.

(*Communiqué par l'inventeur.*)

XIII. Raffinage du sucre par l'électricité. — La méthode suivante, qui n'a rien de commun avec le procédé du professeur Friend, de New-York, de funeste mémoire, est

extraite d'un brevet français pris récemment par M. F. Bauder. Elle repose sur la production de l'ozone par l'emploi combiné de la vapeur et du courant électrique.

Le sucre brut est placé dans une machine à action centrifuge, hermétiquement fermée au moyen d'un couvercle que traversent les deux fils conducteurs du courant, dont les extrémités sont à l'intérieur de la machine à une très faible distance l'une de l'autre. On introduit la vapeur dans la machine, puis, lorsque le sucre est suffisamment humidifié, on ferme le circuit électrique et l'on détermine la production d'une série d'étincelles; celles-ci donnent naissance à de l'ozone qui opère le raffinage. Le sirop qui résulte de l'action de la vapeur sur le sucre, et se trouve séparé par la force centrifuge, peut être mélangé avec du sucre brut frais et soumis ensuite au même traitement.

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

XIV. Développement des lignes télégraphiques et téléphoniques dans l'Uruguay.

— Nous extrayons d'une Note publiée par le consul de l'Uruguay les renseignements suivants :

En 1887, les lignes télégraphiques existant dans la République de l'Uruguay étaient les suivantes :

	Kilomètres.
Compagnie de la rivière de la Plata	233
» du câble de la rivière de la Plata.....	160
» Platino-Brésilienne.....	829
» Orientale.....	636
» du chemin de fer de l'Uruguay central.....	315
	<u>2173</u>

En 1888, il y avait en plus :

Télégraphes nationaux	942
Câbles nationaux	11
L' <i>International</i>	222
Le <i>Câble international</i>	47
Chemin de fer du Nord-Est.....	123
» du Nord-Ouest	<u>177</u>
	1522

Ce qui fait, par conséquent, 3695^{km} de lignes télégraphiques, faisant communiquer directement entre elles les différentes parties de la République.

La province de Santa-Fé est pourvue de 2600^{km}, dont 712 ont été établis l'année dernière, et la province de Buenos-Ayres de 6636^{km}, dont 173 ont été terminés cette année.

En 1887, la Compagnie *Platino-Brésilienne* a transmis 36 642 télégrammes privés montant à 45 847 schellings; 3539 télégrammes pour la presse montant à 2726 schellings, et 2972 télégrammes officiels montant à 9136 schellings. En 1888, cette Compagnie a transmis 42 088 télégrammes privés montant à 48 118 schellings; 1941 télégrammes pour la presse montant à 1997 schellings, et 2765 télégrammes officiels montant à 7143 schellings.

Les deux Compagnies téléphoniques de Montevideo ont respectivement, comme lignes et comme abonnés : la Compagnie de l'Uruguay, ancienne Compagnie Gomer-Bell, a 1796 abonnés et autant de lignes; le nombre des communications quotidiennes y est de 6000. La Compagnie téléphonique coopérative, de constitution récente, a déjà posé

105 appareils et 430 lignes, mais n'est pas encore en mesure de fonctionner en plein, faute d'appareils.

Si l'on estime à 140 000 habitants la population de Montevideo, le nombre des abonnés étant de 2226, on trouve une proportion de 159 abonnés pour 10 000 habitants, tandis qu'à Berlin il y en a seulement 48, à Paris 21 et à Buenos-Ayres 65.

Il y a donc, à Montevideo, plus du double de téléphones qu'à Madrid avec une population de 398 000 habitants, plus de trois fois plus qu'à Lyon qui a 402 000 habitants, et six fois plus qu'à Marseille.
(*The Electrician*, 3 mai 1889.)

XV. Électricité et lumière. — Le Dr Moser fait connaître trois expériences fort simples et qui présentent un certain intérêt :

1° On charge un électroscope à feuilles d'or, et on l'éclaire vivement. La déflexion augmente aussitôt, et ne reprend sa valeur primitive que quand on soustrait l'appareil à l'action de la lumière.

2° Le mercure d'un électromètre capillaire se met en mouvement sous l'action des rayons solaires, comme s'il était introduit dans le circuit d'une pile.

3° Une mèche soufrée devient phosphorescente quand on l'approche d'un corps électrisé.

Dans les deux premières expériences, la lumière agit comme une source d'électricité : dans la troisième, c'est l'inverse. Ce sont là des phénomènes très curieux dont l'explication n'est pas encore connue.
(*Bulletin international de l'Électricité*.)

XVI. Conditions d'abonnement à l'éclairage électrique (C^{ie} Edison).

ARTICLE 1^{er}. — La *Compagnie continentale Edison* fournira le courant pour l'alimentation des lampes à raison de 7 centimes par heure et par lampe A de 16 bougies ou proportionnellement à l'intensité des lampes employées, à toute heure de jour et de nuit.

ART. 2. — La Compagnie s'engage à faire arriver à ses frais le courant jusqu'à l'entrée des immeubles à éclairer et à remplacer les lampes hors service par suite d'usure normale.

ART. 3. — Les frais de l'installation intérieure sont à la charge de l'abonné et comprennent la canalisation intérieure, les coupe-circuits, commutateurs, appareillage, etc., et payables en quatre semestrialités.

ART. 4. — Un compteur, pour contrôler la consommation de lumière, sera placé chez chaque abonné et la location de ce compteur, payable d'avance, est fixée, suivant l'importance de l'installation, à

	Par mois.
Pour installation de 10 lampes.....	fr. 1,50
» 11 à 25 lampes..	2,50
» 26 à 50 »	3,00
» 51 à 100 »	4,00

L'abonné devra fournir l'emplacement nécessaire pour ce compteur et de plus, en cas d'emploi de transformateur d'électricité, un emplacement suffisant pour ce ou ces transformateurs.

ART. 5. — Les frais d'entretien pour chaque lampe installée seront de 2^{fr}, 50 par an ; ces frais d'entretien seront payables par trimestre.

ART. 6. — Toutes détériorations anormales (rupture des fils, bris des accessoires ou des lampes) seront à la charge de l'abonné et réglées au prix du tarif de la Compagnie.

ART. 7. — L'abonné doit garantir à la Compagnie une moyenne minimum d'éclairage de heures par an et pour chaque lampe posée.

ART. 8. — Le prix de l'abonnement est payable par mois.

A défaut de paiement dans les dix jours qui suivront la présentation de la facture, la Compagnie pourra refuser de continuer la fourniture de lumière, sous toutes réserves de poursuivre par les voies de droit l'exécution des présentes conventions. L'abonné ne pourra opposer à la demande de paiement aucune réclamation sur la quantité des consommations constatées.

En conséquence, le montant des factures sera toujours acquitté à présentation, sauf à la Compagnie à tenir compte à l'abonné, sur les paiements ultérieurs, de toute différence qui aurait eu lieu à son préjudice, à moins que l'abonné ne préfère recevoir en espèces le montant des réclamations qui seraient reconnues fondées.

ART. 9. — Dans le cas où quelque accident de force majeure ferait interrompre momentanément la fourniture de lumière, la Compagnie ne sera tenue à aucune indemnité, seulement la garantie de consommation minima due par l'abonné à la Compagnie conformément à l'article 7 sera diminuée proportionnellement à la durée de l'interruption. Et c'est sur la consommation moyenne au moment de cette interruption que sera calculée la diminution de garantie.

ART. 10. — Dans les cas où la Compagnie, tout en se servant du matériel par elle installé au Palais-Royal, pourrait faire à de nouveaux abonnés des conditions plus avantageuses, les anciens abonnés en pourraient réclamer le bénéfice et l'obtenir de la Compagnie, si les abonnements nouveaux et anciens étaient établis sur les mêmes bases.

ART. 11. — En cas de cession par l'abonné de son fonds de commerce, le cédant devra imposer au cessionnaire dans l'acte de cession la continuation de l'abonnement pour le temps qui restera à courir et aux conditions stipulées dans la police primitive.

Du jour de la cession, le cessionnaire sera seul responsable à l'égard de la Compagnie de la dépense d'éclairage faite par la suite.

Le cédant devra seulement payer à la Compagnie, au moment même et sur le prix de la cession, la dépense déjà faite ainsi que tous les frais d'installation qui pourraient rester dus.

ART. 12. — La date de l'expiration de l'abonnement devra être rappelée à l'abonné par la Compagnie au moyen d'une lettre recommandée, six mois avant cette expiration.

Dans le cas où, dans les trois mois qui suivront cette lettre, aucune des deux parties n'aura prévenu l'autre par une nouvelle lettre de son intention de faire cesser l'abonnement, il se continuera par tacite reconduction pour une nouvelle période égale et aux mêmes conditions.

BIBLIOGRAPHIE.

Electrical Trades' Directory and Handbook for 1889. London, 1889.

Les progrès de l'industrie électrique ont été si rapides ces dernières années que les Ouvrages pratiques vraiment sérieux à l'usage des électriciens, ingénieurs ou spécialistes sont encore peu nombreux et commencent seulement à se répandre.

Nous croyons qu'il n'est pas sans intérêt de signaler aux lecteurs du *Bulletin* la nouvelle édition pour 1889, agrandie et modifiée, du Formulaire bien connu publié par le journal anglais l'*Electrician*.

Les éditeurs de cet Ouvrage, arrivé à la septième année de son existence, ont pensé qu'il était nécessaire de lui donner plus d'extension et d'en faire un aide-mémoire, à la fois technique et pratique, sous le nom d'*Electrical Trades' Directory*.

Au reste, ce n'est pas seulement un Recueil de formules pour la construction des appareils ou l'application des découvertes de l'Électricité, comme nous en possédons d'excellents et de plus complets en France. A la manière anglaise, la partie purement commerciale est prépondérante, et de nombreux renseignements sont fournis sur l'état actuel de l'industrie électrique et ses progrès dans les principaux pays. Des Notes, rédigées avec soin, permettent de suivre la marche des affaires pendant l'année 1888. Un Index, rangé par ordre alphabétique et géographique, renferme les noms des industriels qui s'occupent à un titre quelconque d'Électricité, en les subdivisant par catégories. Enfin des Notices biographiques résument la vie et les travaux des principaux électriciens, savants ou praticiens des deux mondes. Chose également bien anglaise, ces Notices n'ont rien de nécrologique et s'appliquent à des individus actuellement vivants.

Nous ne pouvons que recommander la lecture de cet Ouvrage à ceux de nos confrères qui ne l'ont pas déjà entre les mains, et particulièrement aux ingénieurs et aux industriels, auxquels il rendra, croyons-nous, d'excellents services.

Notice sur le grand Concours international des Sciences et de l'Industrie (Classe Électricité), par M. A. BANDSEPT. Bruxelles, imprimerie des Travaux publics : 1889.

Dans cette Notice, M. A. Bandsept, Chef du Service de l'éclairage et de l'électricité du grand Concours international de Bruxelles en 1888, décrit et étudie un grand nombre de produits exposés par les électriciens belges et étrangers dans la Section de l'Électricité (Concours 47).

Des gravures reproduisant les principaux types d'instruments de mesure, moteurs et machines, appareils télégraphiques et téléphoniques, etc., accompagnent cette intéressante description.

Contribution à l'étude de l'Electrophysiologie, par le Dr GEORGES WEISS.

Sous ce titre sont rassemblées des expériences faites sur des grenouilles, en vue de déterminer l'action des courants continus ou variables sur les muscles et sur les nerfs.

L'auteur, après avoir indiqué les difficultés que l'on rencontre dans cette étude et donné les moyens de les éviter, fait ressortir d'une façon très nette et avec l'appui de l'expérience les effets différents que le courant produit sur les nerfs et sur les muscles pris indépendamment.

Les conclusions de ce travail, qui offre la particularité, que l'on trouve peu dans les précédents de ce genre, d'être très méthodique, sont peu nombreuses, mais intéressantes; le soin apporté dans les expériences les fera facilement adopter comme certaines. Contrairement à ce qu'on peut lire dans le *Traité d'Électrothérapie* de Erb, M. Weiss démontre que les courants continus n'ont aucune action sur les nerfs; ils produisent un raccourcissement galvanotonique en agissant sur les muscles.

Sans laisser entrevoir les conclusions pratiques qui pourront en résulter, l'Auteur termine son travail par la mesure du temps qui sépare l'excitation de l'effet produit sur les tissus expérimentés.

Bibliothèque des actualités industrielles, n° 26 : Les machines dynamo-électriques,
par P. CLÉMENCEAU. 1 vol. Bernard-Tignol, éditeur.

Le Livre que M. Clémenceau vient d'adjoindre aux autres Volumes de la Bibliothèque des actualités industrielles affecte une forme élémentaire et descriptive nécessitée par le caractère de cette collection.

« L'exposition de cet Ouvrage a été divisée en deux Parties : la première, rappelant d'abord les essais, de Faraday à Pacinotti, puis toutes les machines que nous avons vues successivement éclore et disparaître; la seconde, exposant avec un peu plus de détails les principaux types de machines employées couramment aujourd'hui.

» Dans la première Partie sont décrites les machines à peu près dans l'ordre chronologique, pour constituer autant que possible un historique de la question, tandis que, au contraire, la deuxième Partie a été divisée en Chapitres distincts : machines à courants continus, induit en forme d'anneau, induit en tambour, machines à courants alternatifs, machines magnétos, machines à induit en forme de disque.

» Enfin, pour terminer, sont résumées en peu de lignes quelques considérations relatives à la mise en route, à la conduite et à la surveillance des machines. »

Bien que nous regrettons, parmi l'exposé des matières traitées, l'absence de certains développements qui nous paraissent nécessaires et qui peuvent, d'ailleurs, être exposés sous une forme assez élémentaire pour être compris de tous, nous recommandons le Livre de M. P. Clémenceau, qu'on pourra consulter avec fruit pour abrégé la recherche de documents épars dans les publications et revues de ces dernières années.

Distinctions honorifiques.

Les Membres de la Société dont les noms suivent ont été nommés ou promus dans l'ordre de la Légion d'honneur :

Par décret en date du 4 mai 1889 :

A la dignité de grand officier.

M. BERGER (Georges), Directeur général de l'Exploitation de l'Exposition universelle de 1889, Président honoraire de la Société.

Au grade d'officier.

M. MONTHIERS (Maurice), Chef du Service de la Section française à l'Exposition universelle de 1889.

Au grade de chevalier.

M. THURNEYSSSEN (Émile), Secrétaire de la Direction de l'Exploitation de l'Exposition universelle de 1889.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

-
- BERLY** (J.-A.). *Universal electrical Directory* 1889. 1 vol. in-8; London, W. Dawson and Sons, 1889. (*Don des éditeurs.*)
- CLÉMENTEAU** (P.). *Les machines dynamo-électriques, de leur origine jusqu'aux derniers types industriels.* 1 vol. in-8; Paris, B. Tignol, 1889. (*Don de l'éditeur.*)
- CLERK MAXWELL** (J.). *Traité d'Électricité et de Magnétisme*, traduit de l'anglais par M. G. Séligmann-Lui. 3^e fascicule du Tome II; Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1889. (*Don des éditeurs.*)
- HALLOPEAU** (P.-F.-A.). *Emploi de l'acier doux (fer fondu) dans la construction des ponts métalliques pour chemins de fer.* 1 broch.; Paris, V^{ie} Ch. Dunod, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- TOMMASI** (D^r D.). *Traité théorique et pratique d'Électrochimie.* 3^e fascicule; Paris, Bernard et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- WEISS** (D^r Georges). *Contribution à l'étude de l'Électrophysiologie.* 1 broch. in-8; Paris, F. Pichon, 1889. (*Don de l'auteur.*)
-

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

Les Membres de la Société qui n'ont pas encore acquitté leur cotisation sont invités à en faire parvenir le montant au Délégué général de leur région, ou directement au Siège social, 44, rue de Rennes, à Paris, à l'adresse de M. le Trésorier.

La *quarante-septième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 3 Juillet 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 5 Juin 1889.

PRÉSIDENCE DE M. LE COLONEL SÉBERT.

La séance est ouverte à 8^h40^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Criqnebeuf (Édouard-Gaston), Ingénieur électricien à la *Société électrique système de Khotinsky*, 35, Prins Hendrik kade, à Rotterdam (Pays-Bas). — Présenté par MM. Ed. Hospitalier et Daniel Augé.

TOME VI, 1889. — N° 59.

19

MM.

Faucher (H.), *de la maison L. Macquart*, 143, rue d'Allemagne, à Paris. — Présenté par MM. G. Gignoux et Max de Nansouty.

Guerre (Gaston-Pierre-Alfred), Ingénieur, Directeur d'usine à gaz, Électricien, quai de la Sambre, à Maubeuge (Nord). — Présenté par MM. A. Sabourain et D. Napoli.

Humbert, Ingénieur des Mines, Docteur ès sciences, Répétiteur à l'École Polytechnique, 161, boulevard Haussmann, à Paris. — Présenté par MM. A. Hillairet et R.-V. Picou.

Khotinsky (Capitaine **A. de**), 35, Prins Hendrik kade, à Rotterdam (Pays-Bas). — Présenté par MM. Ed. Hospitalier et Daniel Augé.

Lacour (Alfred), ancien Élève de l'École Polytechnique, 60, rue Ampère, à Paris. — Présenté par MM. le colonel Sébert et A. Cornu.

Margaine (Georges-Louis), Préparateur au Laboratoire central d'Électricité, Ingénieur physicien, 19, boulevard Haussmann, à Paris. — Présenté par MM. F. de Nerville et Ed. Hospitalier.

Meyer (Ferdinand), Ingénieur des Ponts et Chaussées, 10, rue Lafayette, à Paris. — Présenté par MM. le colonel Sébert et J. Carpentier.

Piazzoli (Émilio), Ingénieur électricien, palazzo Raffadali, à Palerme, province de Sicile (Italie). — Présenté par MM. R.-V. Picou et A. Hillairet.

Rey (Casimir), Professeur de sciences à l'École du Génie de Versailles, 25, boulevard de la Reine, à Versailles (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. P. Lemonnier et G. Sautter.

Thomas (Hippolyte), Ingénieur des Télégraphes, 105, boulevard du Montparnasse, à Paris. — Présenté par MM. Vaschy et F. de Nerville.

Tugot (Jules), Fabricant de couleurs et vernis, 5, rue du Renard, à Paris. — Présenté par MM. A. Gravier et J. Ricquier.

Wynhoff (Bernard-Gérard), Ingénieur électricien, 14, rue de Hambourg, à Paris. — Présenté par MM. Daniel Augé et A. Sabourain.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

Il est donné connaissance d'une Notice envoyée par M. le Dr Vigouroux au sujet d'une récente Communication de M. G. Weiss. L'auteur appelle l'attention sur la connexité qui existerait entre les variations de la résistance dans le corps humain et les effets physiologiques du courant; il estime que la résistance des tissus vivants n'est pas absolue, mais seulement relative, et dépendrait essentiellement de la nature et de la valeur du courant comme de la durée de son application; il ne croit pas, dès lors, que la méthode indiquée pour les tissus organisés, non plus que celle de Kohlrausch, soit

applicable à la mesure médicale du corps humain, laquelle exigerait un procédé des plus rapides.

M. LE PRÉSIDENT. — « J'ai le triste devoir d'annoncer à la Société la mort de M. Gaston Planté, décédé subitement à Bellevue, le 21 mai dernier.

» Cette mort est une grande perte pour la Science et pour notre Société. Bien que sa santé chancelante le tint éloigné de nos réunions, Gaston Planté portait le plus vif intérêt à notre œuvre, comme à tout ce qui touchait à l'Électricité.

» Il ne comptait parmi nous que des admirateurs et des amis, et le cortège qui l'a conduit à sa dernière demeure aurait été bien long si tous ceux qui auraient tenu à l'y accompagner avaient pu être prévenus à temps.

» Savant modeste et désintéressé, fuyant les honneurs officiels, Gaston Planté poursuivait sans relâche ses calmes études et ses expériences grandioses, au milieu de cette belle collection d'appareils qu'il avait su créer et grouper autour de lui.

» Il a attaché son nom à des découvertes de la plus haute importance pour l'avenir de la science et de l'industrie électriques, et il a acquis une juste célébrité par la découverte des accumulateurs dont les applications sont déjà si nombreuses.

» Les belles expériences dans lesquelles, à l'aide de sa machine rhéostatique, il a fait disparaître la distance qui séparait les manifestations connues de l'électricité dynamique de celles de l'électricité statique, et qui l'ont conduit à des conceptions si élevées sur la cause des grands phénomènes naturels et sur les progrès qui peuvent encore être réalisés dans le domaine des applications de l'électricité, resteront un modèle pour les chercheurs consciencieux.

» L'Ouvrage dans lequel il les a décrites, auquel il travaillait encore à donner une suite quand la mort l'a surpris, et qu'il a si modestement intitulé *Recherches sur l'Électricité*, est une source féconde à laquelle pourront puiser pendant longtemps encore tous ceux qui chercheront à réaliser les applications nouvelles qu'il a entrevues.

» Cet Ouvrage est un monument impérissable, qui perpétuera sa mémoire. »

La Réunion est ensuite informée que les dons suivants ont été faits au Laboratoire central d'Électricité, savoir :

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES : Un galvanomètre universel de Siemens.

MM. GRAMME ET H. FONTAINE : 10 000^{fr} pour l'achat d'instruments utiles aux travaux du Laboratoire et, en particulier, à la construction d'une pile d'un grand nombre d'éléments. (*Applaudissements.*)

Sur la proposition de M. le Président, l'Assemblée vote à l'unanimité des remerciements à l'adresse de ces généreux donateurs.

M. le Président informe la Réunion que le programme des conférences-promenades à l'Exposition universelle n'est pas encore complètement arrêté; il sera prochainement envoyé aux Sociétaires.

D'autre part, M. Joubert a bien voulu promettre pour la séance de juillet une Communication sur les expériences de M. H. Hertz; les membres de la Société seront ensuite invités à assister à ces remarquables expériences, qui seront reproduites au Laboratoire central d'Électricité.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

DISCUSSION SUR LES MACHINES DYNAMOS RECHNIEWSKI.

M. R. ARNOUX. — « Messieurs, dans une très intéressante Communication faite par M. E. Meylan, lors de la dernière réunion de la Société, sur les nouvelles dynamos à denture et à inducteurs feuilletés de M. Rechniewski, notre estimé collègue a bien voulu critiquer quelques-unes des conclusions que j'ai eu l'honneur de formuler devant vous dans une précédente Communication *Sur la valeur industrielle et économique des machines dynamo-électriques* ⁽¹⁾. Je tiens à remercier d'abord M. Meylan de ses critiques, dont la présente discussion pourra, je l'espère, être utile pour tout le monde. Je profiterai également de cette discussion pour présenter quelques observations d'ordre général sur les dynamos à denture, observations qui m'ont été suggérées en très grande partie par l'expérience

(1) Voir les *Bulletins* nos 53 et 56.

et l'étude des anciens types *Phœnix*, de MM. Paterson et Cooper, de Londres.

» M. Meylan a fait observer que, dans la Communication dont il est question plus haut, j'étais arrivé à cette conclusion, assez inattendue, paraît-il, que tous les types de dynamos étaient également bons, pourvu qu'ils fussent également bien étudiés et proportionnés. Je dois dire que ce n'est pas là une conclusion *a priori*; cette conclusion est, au contraire, basée sur une expérience de près de huit années, presque entièrement consacrées à la construction ou à la réfection de nombreux types de machines sans denture ou à denture. L'expérience toute récente de l'intéressante dynamo-disque de M. Desroziers n'a fait que confirmer cette opinion. Il est bien évident que chaque type considéré en particulier possède des avantages qui lui sont propres; mais, si l'on fait la somme des qualités et des défauts, on constate facilement que cette somme est très sensiblement la même pour tous les types, et que le mérite d'une dynamo dépend bien plutôt des circonstances de son emploi.

» J'ai fait observer que l'expérience et la sélection naturelle avaient peu à peu établi que les densités de champ magnétique les plus économiques à employer dans les dynamos étaient comprises entre 3000 et 4000 unités C.G.S. M. Meylan dit que ces valeurs limites ne s'appliquent nullement aux nouvelles machines de M. Rechniewski. C'est là une erreur, qui, je m'empresse de le dire, est simplement le résultat d'une confusion. Si nous nous reportons, en effet, aux données fournies par M. Meylan lui-même sur le type de 12000 watts, nous voyons que la valeur du flux de force qui traverse l'induit est égale à 3 millions d'unités C.G.S. Si l'on rapporte ce flux non pas à la surface d'une des masses polaires, comme l'a fait M. Meylan, mais à la surface du demi-tambour, comme cela se fait généralement, on trouve que l'intensité moyenne du champ magnétique est égale à

$$\frac{2 \times 3000000}{\pi \times 19,8 \times 28} = 3516 \text{ unités C.G.S.,}$$

nombre exactement compris entre les limites 3000 et 4000 unités C.G.S. que nous avons indiquées.

» On voit donc que l'utilisation spécifique du cuivre *induit* dans

les machines de M. Rechniewski n'est pas supérieure à ce qu'elle est dans les machines ordinaires à tambour sans denture.

» Mais, avant d'aller plus loin, il n'est pas sans intérêt d'expliquer pourquoi cette utilisation spécifique du cuivre induit n'est pas supérieure à ce qu'elle est dans les types ordinaires bien proportionnés.

» Si l'on veut bien se reporter aux *fig. 3 et 4* de notre Communication *Sur la valeur industrielle et économique des machines dynamo-électriques* ⁽¹⁾ et aux considérations qui les accompagnent, considérations qui sont d'ailleurs de simples déductions de résultats expérimentaux, on verra immédiatement que la réduction de la résistance des entrefers d'une dynamo ne modifie pas notablement la valeur absolue du flux d'induction qui correspond à la saturation du circuit magnétique inducteur, et que cette valeur dépend surtout du rapport des sections des noyaux de fer inducteurs et induits. Lorsque ce rapport reste constant, le flux de force correspondant à la saturation du métal magnétique est sensiblement le même, quelque petite que soit la résistance d'entrefer.

» Si, d'autre part, on remarque que toutes les dynamos fonctionnent pratiquement dans le coude et au delà du coude de leur caractéristique, c'est-à-dire dans des conditions où interviennent à la fois, et d'une façon *très comparable*, les résistances des entrefers, de la partie métallique du circuit magnétique et, par conséquent, de la denture elle-même, on voit que le volume occupé par le fil d'un induit à denture est, contrairement à l'assertion de M. Meylan, dans une relation parfaitement déterminée avec le volume du champ magnétique, et qu'il n'est pas indifférent de donner aux dents et à la denture une épaisseur et une profondeur quelconques.

» Le véritable avantage de la réduction des résistances d'entrefer résultant de l'emploi de la denture est d'atteindre le même point de saturation du circuit magnétique avec une force magnétomotrice plus faible et, par conséquent, de réaliser une économie de cuivre sur les inducteurs. Dans le type compound, de 12000 watts par exemple, la force magnétomotrice initiale est de 5500 ampères-tours, tandis qu'elle est sensiblement double dans un type ordinaire

⁽¹⁾ *Loc. cit.*

à tambour de mêmes dimensions extérieures. C'est cette économie de cuivre réalisée sur les inducteurs qui, à notre avis, distingue surtout les dynamos à denture. Reste à savoir si cette économie très réelle n'est pas compensée, pour le constructeur, par une fabrication plus coûteuse, nécessitée par le découpage, l'ébarbage, l'isolation et l'assemblage des tôles qui entrent dans la constitution des inducteurs feuilletés de M. Rechniewski.

» Si l'on compare, au point de vue de l'utilisation spécifique de la matière, le type de 12000 watts aux types ordinaires de même puissance, on trouve que cette utilisation est très sensiblement la même. Le type de 12000 watts de M. Rechniewski développe cette puissance à la vitesse angulaire de 1200 tours et pèse 560^{kg}; les types Crompton et Manchester, de 13000 watts, développent cette puissance, le premier, à la vitesse de 1300 tours, et le second à celle de 1000 tours, et pèsent respectivement 560^{kg} et 630^{kg}.

» Il nous reste à examiner maintenant la question du rendement *industriel*; car le rendement électrique de 95 pour 100 réalisé par le type de 12000 watts peut être facilement atteint dans les machines ordinaires de même puissance. Les mesures dynamométriques permettant de se rendre compte exactement de la valeur du rendement *industriel* faisant actuellement complètement défaut, nous observerons la même réserve que M. Meylan sur cette question. Mais, s'il n'existe aucune donnée quantitative sur la valeur de ce rendement, il est cependant intéressant d'examiner, tout au moins qualitativement, les phénomènes particuliers qui peuvent influencer d'une façon plus ou moins considérable sur cette valeur et qui peuvent justifier jusqu'à un certain point l'abandon des dynamos de ce système par plusieurs constructeurs.

» La réalisation de types industriels à denture n'est pas nouvelle en effet. A l'Exposition d'électricité de 1881 se trouvaient exposés dans la section américaine deux types à denture : l'un à anneau, de M. Maxim, et l'autre à tambour, de M. Veston, qui est un des plus anciens constructeurs de dynamos aux États-Unis. Eh bien, ces deux types ont été abandonnés par leurs inventeurs. Il en est de même des anciennes machines *Phoenix* de MM. Paterson et Cooper.

» On sait que l'emploi de la denture a la fâcheuse propriété de donner lieu dans les masses polaires à des pertes d'énergie par

hystérésis ⁽¹⁾ et courants de Foucault. Ces pertes d'énergie se traduisent, comme dans tous les transformateurs dynamiques, par un dégagement de chaleur qui peut être assez considérable pour porter la température des masses polaires à une valeur supérieure à celle qu'elle atteint dans le noyau de fer induit lui-même ⁽²⁾. Ce dégagement de chaleur, qui est surtout considérable dans les extrémités ou cornes des masses polaires, est accompagné d'un son musical intense dû à de véritables vibrations mécaniques de ces extrémités, et qu'on peut supprimer ou du moins réduire considérablement en donnant à ces dernières des formes particulières. Dans les anciennes machines Veston, la suppression de ce son musical, tout au moins désagréable, était obtenue en donnant des formes elliptiques aux extrémités des masses polaires; dans les machines de M. Rechniewski, ce même résultat est réalisé d'une façon beaucoup plus simple et plus efficace par leur évasement.

» Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer également que la nécessité de réduire les courants de Foucault par l'emploi de pièces polaires divisées s'est présentée depuis longtemps aux constructeurs de machines à denture. Ainsi l'on peut lire dans le numéro de l'*Électricien* du 1^{er} août 1881, page 377, les lignes suivantes, qui sont extraites d'un article sur les machines Veston : « Le but du » découpage des armatures de l'inducteur est double. Il empêche » la production des contre-courants d'induction dans les pôles de » l'inducteur et il facilite le refroidissement de l'induit, qui n'at- » teint alors jamais une trop haute température. »

» Il est bien évident que la division ou le feuilletage des masses polaires, surtout au point où l'a poussé M. Rechniewski dans ses machines, permet de réduire notablement les courants de Foucault; malheureusement, ce feuilletage ne modifie pas la perte d'énergie

⁽¹⁾ Le phénomène d'hystérésis a été signalé, pour la première fois, par Clausius dans le numéro d'octobre 1885, page 414, de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*. Clausius dit, en effet, ceci : « Je suis parti de cette conception que le magnétisme rémanent reposait sur une force moléculaire qu'il est nécessaire de vaincre pour mettre en rotation les molécules de fer naturellement magnétiques; cette force agissant d'une manière *analogue à un frottement*, il faut que la force qui tend à produire le mouvement atteigne une certaine valeur avant que celui-ci commence ».

⁽²⁾ Voir le *Bulletin* n° 36, p. 152.

par hystérésis, qui est toujours un phénomène connexe avec la production des courants de Foucault.

» Dans ces conditions, on ne peut que souhaiter vivement que les Commissions techniques de l'Exposition de 1889 déterminent par des mesures dynamométriques précises l'importance que les pertes d'énergie que nous venons de signaler atteignent dans les types à inducteurs feuilletés de M. Rechniewski. Les mesures de ce genre, faciles à effectuer dans les machines à courant continu, permettront de décider s'il y a un intérêt majeur à feuilletter les extrémités polaires des inducteurs des machines à courants alternatifs dont le noyau de fer induit présente des discontinuités, comme dans les types de MM. Zipernowski et Déri par exemple.

» Dans le cours de sa Communication, M. Meylan a émis sur les machines à denture une théorie qui tendrait à établir que les phénomènes d'induction qui régissent le fonctionnement de ces machines sont différents de ceux qui se passent dans les dynamos à induit sans denture. M. Meylan dit ceci :

» On pourrait parfaitement concevoir qu'il ne passe aucune ligne
» de force dans les entre-dents, l'augmentation ou la diminution
» de l'induction totale qui traverse une spire *ne correspondant plus*
» *à des lignes de force coupées par le fil*, mais à celles qui pénètrent
» par les dents au fur et à mesure qu'elles pénètrent dans le
» champ. »

» Ainsi, d'après M. Meylan, l'induction des boucles serait simplement due à la variation du flux de force à leur intérieur comme dans les transformateurs. Dans ces conditions, et si l'on observe que le noyau de fer induit est invariablement lié à l'enroulement, on ne peut s'expliquer comment le principe de la conservation de l'énergie peut être satisfait. D'ailleurs cette manière de voir, si elle était exacte, serait en contradiction avec tous les faits actuellement connus et les théories actuellement admises.

» On sait en effet que toutes les lignes de flux créées par une force magnétomotrice quelconque sont des courbes fermées et que le flux de force, absolument comme le débit d'un liquide en mouvement, est *conservé* tout le long d'un canal orthogonal aux surfaces équipotentiellles ou de niveau et ne peut être par conséquent *partiellement* détruit ou créé.

» Ceci posé, il est évident que, lorsque le noyau de fer d'un induit à denture est au repos, le nombre de lignes de force qui traversent les entre-dents est, sinon nul, du moins extrêmement petit, surtout lorsque la denture est profonde et qu'on est loin du point de saturation du métal; mais, dès que le noyau se met en mouvement, chaque ligne de force est d'abord entraînée dans le sens de la rotation jusqu'au moment où son passage à travers l'air de l'entre-dent peut la rendre magnétiquement plus courte; à ce moment elle franchit rapidement l'entre-dent pour aller retrouver la dent voisine.

» On voit donc que les phénomènes d'induction qui se produisent dans les induits à dentures ne sont pas différents de ceux qui régissent le fonctionnement des induits ordinaires. Si l'on veut bien nous permettre une comparaison, nous dirons que le mécanisme du phénomène est tout à fait comparable à celui d'une corde de violon que l'archet écarte de sa position d'équilibre. Si l'on remplace la corde de violon par la ligne de force et l'archet par la denture, on voit que rien ne manque à cette comparaison cependant grossière, pas même le son musical. Il résulte de là que l'orientation continuellement variable des lignes de force dans le voisinage de la denture provoque nécessairement des rotations et des frottements continuels et très brusques des molécules magnétiques et par conséquent donne lieu à des pertes d'énergie par hystérésis et courants de Foucault dans les masses polaires et la denture elle-même.

» Nous avons cru utile d'insister sur ce point de la théorie des induits à dents, parce que la conception fausse du véritable rôle joué par la denture magnétique a donné lieu, dans ces dernières années, à l'enfantement de nombreux brevets de prétendues machines à induction continue sans collecteur. Bien que ces machines n'aient jamais donné, et pour cause, aucun résultat, il est cependant utile d'en faire connaître le principe, afin de détourner les futurs inventeurs d'une voie absolument stérile.

» Pour cela, j'emprunterai à un ingénieur électricien, qu'il est inutile de nommer, un des dispositifs très simples qu'il a indiqués dans les deux brevets qu'il a pris sur cette question. Ce dispositif consiste à employer un anneau à disques de fer, muni d'une denture profonde et dont le diamètre intérieur est tel que, dans cette partie,

tous les fils de l'enroulement se touchent régulièrement. L'enroulement induit est constitué par des bobines, toutes enroulées dans le même sens, et dont le nombre est égal à celui des entre-dents qui leur servent d'ailleurs de logement. Chaque bobine peut être groupée en tension ou en quantité avec sa voisine, et les extrémités des conducteurs viennent aboutir à de simples bagues collectrices destinées à recueillir ce qui se produira. L'extérieur de cet induit est muni, comme dans les types ordinaires, de pièces polaires et de bobines inductrices, mais avec cette différence que les pièces polaires qui enveloppent l'induit sont de même polarité. Dans l'intérieur de l'anneau pénètre un noyau de fer de section circulaire et qui est destiné à fermer le circuit magnétique.

On voit donc qu'avec cette disposition le flux de force créé par le système inducteur traverse radialement les disques de fer de l'induit.

» Dans la pensée de l'inventeur, la partie extérieure de l'enroulement échappant à toute induction appréciable à cause de la présence de la denture, tandis que la partie intérieure y est au contraire soumise tout entière, la machine ainsi constituée doit fournir un courant continu. Malheureusement, la présence de la denture n'empêchant nullement que le nombre de lignes de forces coupées dans l'unité de temps par la partie externe de l'enroulement soit exactement égal au nombre des lignes coupées par la partie interne, il résulte de là que la somme algébrique des forces électromotrices induites dans l'enroulement est rigoureusement égale à zéro.

» Il y a également un point sur lequel nous tenons à présenter quelques observations : c'est l'attraction du noyau de fer induit par les masses polaires. On sait que, si l'on place une matière quelconque dans un champ magnétique, on peut toujours lui donner dans le champ une position telle, qu'elle soit en équilibre ; mais cet équilibre est stable ou instable selon que la matière employée est plus magnétique ou moins magnétique que l'air. Ainsi, un morceau de cuivre est en état d'équilibre stable, tandis qu'un morceau de fer est en état d'équilibre instable, c'est-à-dire que si l'on écarte infiniment peu de sa position d'équilibre le métal considéré, il se développe immédiatement une force qui agit, dans le premier cas, en sens inverse du déplacement et, dans le second cas, dans le même sens. Dans les

machines qui emploient un noyau de fer induit, les forces qui agissent sur le fer sont infiniment supérieures à celles qui agissent sur le cuivre de l'enroulement.

» D'autre part, nous avons déjà eu occasion de signaler que, si l'on emploie un système inducteur à simple circuit magnétique, comme l'a fait M. Rechniewski dans ses types courants, le noyau de fer induit joue le rôle d'armature par rapport aux inducteurs qui l'attirent dans un sens tel qu'il y ait réduction dans la longueur des lignes de force. Dans les dynamos à denture, on est obligé d'employer des arbres beaucoup plus gros et des portées beaucoup plus longues que dans les machines ordinaires, parce que les forces d'attraction sont notablement accrues par la présence de cette denture. Il résulte de là que le diamètre de l'arbre devient tout à fait comparable à celui du noyau induit et que les courants de Foucault qui y prennent naissance peuvent atteindre une valeur qui n'est pas du tout négligeable.

» En résumé, l'idée de réduire la résistance d'entre-fer des machines dynamos par l'emploi d'une denture magnétique paraît assez rationnelle et assez séduisante au premier abord. On voit là surtout l'avantage de réaliser une économie de cuivre sur les inducteurs. Mais, si l'on réfléchit un peu, on s'aperçoit bien vite que si la denture permet de réduire considérablement la résistance d'entrefer, elle présente, en dehors des inconvénients que nous venons de signaler, celui de réduire du même coup et dans la même proportion celle du circuit magnétique dû à la circulation induite. Nous avons fait observer, en effet, dans une précédente Communication, que la presque totalité des flux de force créés par la circulation du courant dans l'enroulement induit se fermait directement par les coquilles des masses polaires à cause de la faible résistance des entrefers. La réduction de la résistance d'entrefer augmente donc, toutes choses égales d'ailleurs, la réaction d'induit et les pertes d'énergie par hystérésis et courants de Foucault.

» La meilleure preuve que la denture augmente la réaction d'induit, c'est que le compoundage des machines de M. Rechniewski exige un nombre d'ampères-tours et, par conséquent, un poids de cuivre proportionnellement plus grand que dans les induits à tambour sans denture et de mêmes dimensions extérieures. Ainsi, par

exemple, le type de 12 000 watts qui exige 5500 ampères-tours à vide en exige 8000 en pleine charge pour maintenir la même différence de potentiel.

Nous venons de dire que les pertes d'énergie par hystérésis et courants de Foucault augmentaient avec la valeur du flux de force dû à la circulation induite; les expériences dynamométriques ont toujours prouvé, en effet, que les pertes d'énergie, autres que celles dues à la circulation du courant dans l'enroulement induit, augmentent avec l'intensité de cette circulation.

» Je crois devoir signaler ce fait pour répondre à M. Meylan, qui a fait observer que le noyau de fer d'une machine dynamo s'échauffait presque autant à vide que lorsque la machine débitait.

» Ceci nous amène tout naturellement à présenter également quelques observations sur un intéressant théorème que M. Rechniewski a formulé dernièrement et qui permet de déterminer, pour un type de dimensions données, la vitesse angulaire qui correspond au maximum du produit de la puissance de transformation par le rendement industriel. M. Rechniewski démontre, en effet, très simplement et très clairement que, si l'on admet qu'il n'existe dans les dynamos que des pertes d'énergie proportionnelles à la simple vitesse, la vitesse la plus avantageuse pour un débit maximum donné est celle pour laquelle la chaleur développée dans l'enroulement induit est égale au tiers de la chaleur totale admissible.

» Malheureusement l'expérience montre que, *dans les conditions normales de fonctionnement* des machines dynamos à noyau de fer induit, il y a des pertes qui croissent beaucoup plus vite que la simple vitesse. Si l'on admet, par exemple, comme il est assez logique de le faire, qu'il existe des pertes proportionnelles à la simple vitesse (hystérésis) et d'autres proportionnelles à son carré (courants de Foucault et mise en court circuit des boucles induites par les balais), la vitesse la plus avantageuse est inférieure à celle calculée par la formule de M. Rechniewski.

» L'expérience montre que, si l'on détermine par des mesures dynamométriques précises la courbe des efforts statiques F en fonction de l'intensité I du courant, on obtient, dans le cas très simple d'une machine excitée en série, une courbe qui tourne d'abord sa convexité vers l'axe des I , puis présente un point d'inflexion et passe

finalement par un maximum après lequel elle paraît s'abaisser indéfiniment. Si l'on répète la même série de mesures en employant la machine comme génératrice de courant, on obtient une série de courbes d'effort dynamique qui s'élèvent d'autant plus au-dessus de la première que la vitesse V est plus grande; c'est l'inverse qui se produit lorsque la machine est employée comme réceptrice.

» Il résulte de là que, si l'on rapporte à trois axes coordonnés rectangulaires OI , OF , OV la surface représentant la loi de variation des trois variables I , F et V , on n'obtient pas, comme l'admet M. Rechniewski pour démontrer son théorème, une surface cylindrique. Il y a donc à faire des réserves sur ce théorème.

» Avant de terminer cette discussion, je tiens à déclarer que j'ai voulu formuler ici, non pas une critique systématique de la nouvelle dynamo à denture et à inducteurs feuilletés, qui, j'en ai la conviction, deviendra, entre les mains de M. Rechniewski et de la Compagnie *l'Éclairage électrique*, un bon outil industriel, mais un ensemble d'observations destinées à contribuer au procès des machines à denture en général. »

M. Picou. — « A propos de la Communication de M. Meylan sur les remarquables machines de M. Rechniewsky, j'ai pensé qu'il y aurait quelque intérêt à exposer à la Société une comparaison chiffrée que j'ai tenté d'établir entre les différents types d'induits. J'espère qu'il me sera permis d'élargir un peu le débat en y comprenant les induits à disque, principe sur lequel M. Desrozières a réalisé les belles machines que vous avez tous vues.

» J'ai construit, pour la Compagnie Edison, un grand nombre de machines à tambour, mais aussi quelques machines à disque et à anneau denté. Je suis resté fidèle, pour les applications les plus générales, aux machines à tambour sans denture, et les chiffres que je vais vous soumettre en sont la raison.

» Considérons à la fois :

» 1° Un anneau dont la longueur de génératrice égale quatre fois l'épaisseur ;

» 2° Un tambour dont la longueur égale une fois et demie le diamètre, et dont le trou central a pour diamètre le tiers du diamètre total ;

» 3° Une spire de machine à disque dont la forme sera celle d'un trapèze dont les trois petits côtés sont égaux et dont le grand côté est double de chacun des autres.

» Ces proportions sont à peu près celles de la pratique; elles paraissent équivalentes comme valeur de comparaison.

» Cela posé, comparons ces induits d'abord au point de vue de l'énergie transformée en chaleur à l'intérieur.

» Cette chaleur est due à deux causes : échauffement des fils et échauffement du fer.

» *Échauffement des fils.* — Il dépend essentiellement de l'induction du fer, qui permet d'obtenir 1 volt avec d'autant moins de longueur de fil que l'induction est plus élevée, et du rapport du périmètre de la spire à la surface qu'elle enveloppe.

» Nous admettrons, pour le fer de l'anneau, une induction de 20 000 C.G.S. et pour celui du tambour 12 000 C.G.S. seulement. La machine à disque ne contient pas de fer.

» Il faut ramener maintenant ces chiffres à ceux de l'*induction moyenne* dans le plan de la spire.

» Le fil qui entoure l'anneau l'enserme étroitement. L'induction moyenne y reste donc 20 000 C.G.S. Dans le tambour, il y a un tiers de vide dans une section diamétrale. L'induction moyenne y est donc réduite dans la même proportion et n'est que de 8000 C.G.S.

» Enfin l'expérience indique que, pour les machines à disque, le champ magnétique, dans le plan de la spire, ne peut pas avantageusement dépasser 3600 C.G.S.

» On en déduit de suite les valeurs relatives que doivent avoir les surfaces des spires de fil dans chaque cas pour que, à vitesse égale de variation de flux, elles donnent la même force électromotrice. Ces nombres sont proportionnels aux inverses des valeurs de l'induction, et seront donc respectivement

Anneau	1,0
Tambour	2,5
Disque.....	5,55

Les rapports entre les périmètres et les surfaces sont faciles à établir d'après les formes géométriques admises plus haut; en comptant que l'anneau et le tambour ont la même vitesse tangentielle, on

trouve que les périmètres seront entre eux comme les nombres 5, 6,45, 10,30.

» Si la densité de courant était la même dans les fils pour tous les types d'induit, le travail d'échauffement des fils serait proportionnel à ces chiffres; mais, pour les machines à disque, où le refroidissement est parfaitement assuré, les inventeurs réclament une marche à forte densité. On a parlé de 10 et même de 15 ampères par millimètre carré. Je crois qu'il y a là quelque exagération paternelle. Tenons-nous-en à 6 ampères par millimètre carré contre 4 généralement usités dans les anneaux et tambours. Le travail d'échauffement des fils devient alors $10,3 \times \frac{6^2}{4^2} = 23,2$, et le Tableau des valeurs d'échauffement des fils est alors :

Anneau, {	densité = 4.....	{	5,0
Tambour, {			6,45
Disque, densité = 6.....			23,2

» *Échauffement du fil.* — L'échauffement d'hystérésis est très approximativement égal au produit du volume du fer par l'induction maxima.

» Les inductions sont connues, et les valeurs se déduisent aisément des dimensions admises. Le rapport des volumes pour les *noyaux* seulement est

$$\frac{V_A}{V_T} = \frac{10,6}{16,2}.$$

Mais au volume du noyau de l'anneau il convient d'ajouter celui de sa denture. Celui-ci ne peut pas s'éloigner beaucoup des 0,25 du volume du noyau, ce qui porte le nombre proportionnel à 13,2 au lieu de 10,6; et les valeurs respectives du travail dépensé en échauffement du fer sont :

Anneau.....	$13,2 \times 20\,000 = 264$
Tambour	$16,2 \times 12\,000 = 194$

» Pour ramener ces nombres relatifs à la même échelle que ceux qui mesurent l'échauffement des fils, il suffit d'admettre l'hypothèse de M. Rechniewsky, que la machine doit être réglée de telle sorte que le travail dans le fer soit double du travail dans les fils.

» On aura alors pour l'anneau

10

et, pour le tambour,

$$10 \times \frac{194}{264} = 7,35,$$

et l'on a finalement le Tableau suivant :

Travail absorbé en chaleur dans l'induit.

	Dans les fils.	Dans le fer.	Total.
Anneau denté.....	5,00	10,00	15,0
Tambour.....	6,45	7,35	13,8
Disque.....	23,20	0	23,2

» De ce Tableau résulte un premier classement des machines, au point de vue du travail intérieur dans l'induit.

» Mais on peut encore les comparer à un autre point de vue : celui de la *stabilité d'allure*, qui sera d'autant plus grande que l'abaissement des volts aux balais sera moindre, à mesure qu'augmentera le débit.

» Ici encore, on est en présence de deux éléments variables, dont la somme constitue la perte de volts, savoir :

» L'effet de la résistance intérieure qui obéit à la loi d'Ohm;

» L'effet du décalage qui obéit à une loi insuffisamment connue.

» *Résistance intérieure.* — Son effet est RI, c'est-à-dire proportionnel au produit de la longueur du fil par volt induit déterminé précédemment par la densité de courant admise.

» On a donc :

Anneau.....	5,0	$\times 2$	soit	5,0
Tambour.....	6,45	$\times 2$	»	6,45
Disque.....	10,3	$\times 1,52$	»	15,45

» *Réaction d'induit.* — La réaction électromagnétique inverse de l'induit et les autres effets du décalage sont impossibles à évaluer par le calcul. Il faut les mesurer. Je l'ai fait pour des anneaux lisses et pour des tambours; et, en évaluant la perte en volts qu'ils produisent en fonction de RI, j'ai obtenu : pour l'anneau 9,5 RI, pour le tambour 2 RI.

» Pour le disque, je n'ai pas de chiffre expérimental, mais je ne suppose pas que l'effet de cette réaction puisse être de beaucoup in-

férier à RI, et j'adopte provisoirement cette valeur, que je serai heureux de diminuer si l'expérience l'indique.

» A l'aide de ces chiffres, on obtient le Tableau suivant :

Abaissement des volts aux balais pour pleine charge.

	Résistance.	Décalage.	Total.
Anneau	5,0	47,5	52,5
Tambour.....	6,45	13,9	20,4
Disque.....	15,45	15,45	30,9

» D'où résulte un nouvel ordre de classement. Il se trouve confirmé par la considération des rapports qu'il faut donner aux ampères-tours des fils d'excitation pour obtenir le potentiel constant aux balais.

» Voici, en effet, un Tableau relatif à une machine de chacun des types : la machine à disque est de dimensions très supérieures aux deux autres, qui sont de même puissance et tout à fait comparables.

» Les watts dépensés en excitation sont également indiqués, et la valeur des rapports $\frac{W}{w}$ des watts dépensés dans le gros fil à ceux qui sont dépensés dans le fil fin donne bien le même classement que les considérations précédentes.

	Ampères-tours		Watts dépensés		Rapport $\frac{W}{w}$
	en dériver.	en série.	dans la dériver. w.	dans la série W.	
Anneau	5500	2500	120	80	0,67
Tambour.....	10400	1400	190	40	0,21
Disque.....	?	?	811	329	0,41

» Je crois donc pouvoir conclure de ces considérations qu'il n'y a pas, d'une manière absolue, de type de machine qui soit supérieur en tous points.

» Chacune possède des qualités propres, dont la valeur dépend des circonstances de l'application projetée; mais chaque qualité qui s'exagère est corrélative d'un défaut qui s'exagère en même temps.

» Les machines à tambour paraissent être celles qui réalisent la meilleure moyenne de qualités : c'est pourquoi, pour les applications les plus générales, je m'y suis tenu jusqu'ici, après étude expérimentale des autres types d'induits. »

M. W.-C. RECHNIEWSKI. — « MM. Arnoux et Picou m'ont fait différentes objections auxquelles je dois répondre aussi brièvement que possible.

» M. Arnoux a cité le poids de différentes machines tout à fait comparables aux nôtres : comme type de comparaison, il a pris notre machine de 12 000 watts, dont le poids est de 560^{kg} ; mais nous n'avions pas du tout en vue la légèreté en construisant ce type : c'est ainsi que le socle seul pèse plus de la moitié, et il ne sert absolument que de support. Nous pourrions, sans aucune complication, réduire le poids de ce type à 400^{kg}.

» Nous avons, en ce moment même, une machine semblable à l'étude pour l'application de la traction électrique.

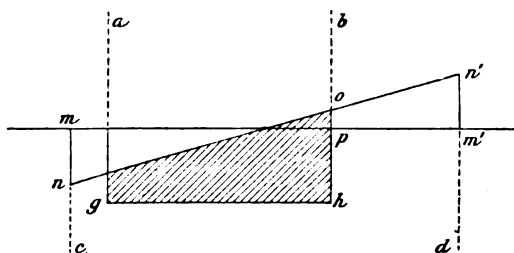
» M. Arnoux fait ensuite remarquer que, si, par le laminage des inducteurs, on arrive à supprimer les courants de Foucault dans les pièces polaires, on ne supprime pas les pertes par l'hystérésis ; nous sommes du même avis sur ce point, mais nous pensons que ces pertes sont faibles relativement à celles qui proviendraient des courants de Foucault, de même que les pertes dans un induit plein par les courants de Foucault seraient bien plus considérables que celles produites par l'hystérésis.

» M. Arnoux ajoute aussi que le fer de l'induit, se trouvant plus près des inducteurs, est soumis à des attractions magnétiques beaucoup plus considérables, et que l'induit se trouve dans un équilibre très instable, que pour de petites différences de centrage les attractions magnétiques peuvent facilement devenir dyssymétriques et faire ployer l'arbre. Ce serait vrai si l'aimantation était faible ; mais, lorsque le fer de l'induit se trouve à peu près saturé, l'aimantation ne peut guère se porter plus d'un côté que d'un autre, de sorte que nous ne pensons pas que l'induit à dents soit normalement soumis à des efforts plus considérables que les induits lisses.

» M. Arnoux pense qu'à cause du peu d'entrefer le courant dans l'induit peut créer des champs de signe contraire sous les pièces polaires. Nous ne voyons pas de différence à ce sujet avec les induits lisses ; dans tous les cas, l'effet de la réaction de l'induit se calcule très facilement. L'excitation des inducteurs produit une différence de potentiel magnétique entre les pièces polaires et, par conséquent, entre chacune des pièces polaires et l'induit ; le courant, dans l'in-

duit, produit aussi une différence de potentiel magnétique entre l'induit de chacune des pièces polaires, qui se combine avec le précédent.

» Développons une droite suivant l'intérieur gh d'une pièce polaire ; nous pourrons représenter par l'ordonnée constante $gm = hp$ la différence de potentiel magnétique provenant du courant dans les inducteurs. Si la position des balais sur l'induit est figurée par les lignes c et d , la différence de potentiel magnétique créée par le courant de l'induit pourra être représentée par une ligne inclinée coupant l'axe au milieu de la distance séparant les deux balais.



» La surface hachée, donnant la différence entre ces deux sortes d'ordonnées, représente la vraie différence de potentiel magnétique et, par conséquent, aussi le champ ; les mêmes phénomènes se reproduisent, qu'il y ait ou qu'il n'y ait pas de dents sur l'induit.

» On sait que, pour qu'il n'y ait pas d'étincelles aux balais, il faut que le champ produit par la combinaison du champ des inducteurs et de l'induit, à l'endroit où les balais lâchent la lame du collecteur, soit tel que le courant dans la bobine mise en court circuit soit juste égal au courant normal qui la traverse lorsque les balais l'auront abandonnée.

» On se rend donc facilement compte que, pour qu'il puisse y avoir un point où il n'y ait pas d'étincelles, il faut toujours que le nombre d'ampères-tours sur les inducteurs soit plus grand que sur l'induit ; il faut que la différence des deux soit positive, mais leur rapport n'a pas besoin de rester constant. Lorsque les balais ne crachent pas, le courant dans les bobines mises en court circuit est simplement renversé et ramené à la valeur normale. Nous ne sommes pas, par conséquent, de l'avis de M. Arnoux, qui pense que les courants dans les bobines en court circuit peuvent devenir considérables et produire des échauffements ; la production dans les bobines

prises en court circuit par les balais d'un courant plus fort que le courant normal qui circule dans les autres bobines serait, suivant nous, toujours accompagnée de violentes étincelles aux balais.

» Quant aux observations de M. Picou, elles sont d'une nature trop générale pour que nous puissions commencer ici une discussion qui nous mènerait trop loin; de plus, M. Picou a apporté des chiffres au tableau; pour lui répondre, il faudrait que nous ayons les chiffres qui nous ont servi à établir les dimensions des différents types de machines, et nous ne les avons pas en ce moment.

» Nous ferons cependant remarquer que tous les chiffres et observations de M. Picou se rapportent aux induits, tandis que le principal avantage de notre système se trouve dans les inducteurs, qui sont beaucoup plus légers que dans tous les autres systèmes. De même, M. Picou nous semble négliger un facteur très important, qui est l'utilisation du champ magnétique, c'est-à-dire le volume du champ réellement rempli par le cuivre par rapport au volume total; ce rapport dans les induits-disque peut être plus mauvais que dans les induits à âme de fer.

» Je suis aussi, du reste, convaincu des avantages du tambour comparé à l'anneau, et, sauf une ou deux exceptions, toutes nos machines sont des machines à tambour; nous marchons cependant dans des conditions un peu différentes de celles que M. Picou indique: par exemple, avec des inductions de 16 000 au lieu de 12 000 dans le fer.

» Quant à l'emploi des dents, je n'y vois qu'un seul inconvénient: c'est la légère augmentation du volume de fer de l'induit inconvénient qui me semble, du reste, largement compensé par l'économie d'excitation et l'allègement des électro-aimants, tant en cuivre qu'en fer.

» Quant à la prépondérance du gros fil sur le fil fin dans les machines compound, nous n'en voyons pas l'inconvénient du moment que la marche extérieure de la machine est la même.

» Cette prépondérance, au contraire, assure une position plus fixe au balai. On sait, en effet, que l'on peut construire des machines en série, dans lesquelles les balais n'ont pas besoin d'être changés de place lorsque le courant varie, ce qui est impossible avec les machines en dérivation. »

M. DESROZIERS. — « Les considérations que M. Picou vient de présenter sont certainement intéressantes et donnent des bases acceptables pour la comparaison des armatures; mais la discussion détaillée des calculs de notre Collègue et des conséquences qu'il en tire m'entraînerait trop loin. Je me bornerai aux quelques observations et rectifications suivantes, qui concernent plus spécialement *ma machine*.

» Les diverses armatures sont comparées à égalité de nombre d'inversions de flux magnétique dans les cadres induits en un temps donné. Or il semble bien résulter des chiffres admis par M. Picou qu'il compare des machines à armatures magnétiques bipolaires et une de nos machines multipolaires du type marine.

» En marche normale, ces diverses armatures ne fonctionnent pas tout à fait dans ces conditions d'égalité de nombre d'inversions.

» Ainsi, pour une inversion de flux, dans les machines à tambour magnétique, le chemin parcouru par les fils formant génératrices du cylindre est une demi-circonférence ayant pour diamètre le côté du rectangle et par suite égale à ce côté multiplié par $\frac{\pi}{2}$.

» Au contraire, dans nos machines multipolaires, pour une inversion de flux, le déplacement du cadre induit est seulement la longueur moyenne du trapèze.

» A égalité de vitesse circonférentielle, cela constitue déjà une différence sensible.

» Mais, de plus, nos machines en marche normale ont des vitesses circonférentielles bien plus élevées que celles des machines à tambour. On peut estimer que le rapport de ces vitesses est celui de 1 à 1,4.

» Nous ne voyons pas pourquoi on ne tiendrait pas compte de ce facteur essentiel.

» Si nous prenons tels quels les chiffres admis par M. Picou, en marche réelle, les périmètres des divers genres d'armatures considérées deviennent, pour un même volt :

Anneau	5,00
Tambour.....	6,45
Disque.....	9,50

» Quant au travail absorbé en chaleur dans nos armatures, il est ce que nous jugeons convenable d'adopter, suivant les cas.

» Ce n'est pas parce que nous avons constaté la possibilité pratique de débiter 10-12 et même 15 ampères par millimètre carré, avec une diminution de rendement admissible, que nous devons nous astreindre à ces débits en marche courante.

» Ainsi, notre type de machine marine, auquel il est fait allusion, marche avec une densité de courant de 5^{amp},5 par millimètre carré.

» Et nous venons de livrer des machines fonctionnant à 4^{amp},5.

» On nous permettra, je pense, de nous en tenir à ces chiffres. J'arrive ainsi au Tableau suivant :

Travail absorbé en chaleur dans l'induit.

	Dans les fils.	Dans le fer.	Total.
Anneau denté.....	5,00	10,00	15,00
Tambour.....	6,45	7,35	13,80
Disque.....	9,50 × 1,26	0,00	12,00

c'est-à-dire que mon armature a la première place.

» Ce résultat est d'autant plus remarquable que nous avons accepté sans discussion les bases de M. Picou, bien qu'elles nous soient désavantageuses.

» D'une part, on a les chiffres qui se rapportent aux meilleures machines à anneau et à tambour et, d'autre part, ceux qui se rapportent à un de nos types de machine à disque marine, construit de manière à remplir des conditions complexes.

» D'un autre côté, on semble admettre que les rapports des densités de flux dans les cadres de ces diverses armatures restent constants et fixés par les valeurs : 20 000 pour les anneaux, 8000 pour les tambours et 3600 pour les disques.

» C'est à peine admissible, dans certaines limites, pour les petits types considérés ici, et complètement inadmissible pour les machines de grande puissance. En fait, ces rapports vont constamment en se modifiant à notre avantage à mesure que les puissances s'accroissent.

» En effet, le travail absorbé dans les armatures magnétiques se décompose en deux parties : l'une, produite par les fils, est proportionnelle à la surface induite, c'est-à-dire au carré des dimensions; l'autre, produite par l'armature magnétique, serait, pour les mêmes

flux, proportionnelle au cube de l'armature, c'est-à-dire au cube des dimensions.

» L'ensemble de ces travaux se transforme en chaleur, qui doit finalement être drainée par la surface de l'induit, c'est-à-dire par une surface simplement proportionnelle au carré des dimensions.

» Pour marcher à une température de régime déterminé, il est donc de toute nécessité de réduire le flux moyen des cadres induits. Dans la machine disque, il n'y a pas le même inconvénient. La chaleur produite reste proportionnelle au carré des dimensions, et le champ du cadre, qui est celui de la machine, peut être quelconque.

Or le circuit magnétique s'améliore constamment en raison du carré des dimensions.

» Le champ pourra donc non seulement être conservé, mais encore amélioré dans des limites assez larges.

» C'est un fait très important, qui assure à notre armature la prépondérance sur toutes les autres. Quoi qu'il en soit, en continuant à admettre les chiffres de base de M. Picou, rectifiés d'après les observations ci-dessus, on arrive aux deux Tableaux suivants, qui concernent ce que notre Collègue appelle la *stabilité de marche* :

1° *Résistance interne.*

Anneau.....	$5,0 \times \delta$	5,0
Tambour.....	$6,45 \times \delta$	6,45
Disque.....	$9,50 \times \delta \times 1,125$	10,70

2° *Abaissement de volt aux balais en pleine charge.*

	Résistance.	Décalage.	Total.
Anneau.....	5,0	47,5	52,5
Tambour.....	6,45	13,9	20,4
Disque.....	10,70	10,70	21,40

» Nous ferons remarquer que, là encore, nous avons accepté les hypothèses de calcul telles quelles et sans discussion. Mais, en fait, nos chiffres réels, même pour de petites machines, nous donnent encore sur ce point la première place.

» Comme cette considération a peu d'importance, je ne veux pas allonger encore la discussion en présentant de nouveaux chiffres.

» Ainsi, en résumé, notre armature a la première place au point

de vue de la dépense totale d'énergie qu'elle exige en marche réelle. Elle a une stabilité de fonctionnement aussi bonne, sinon meilleure, que celle des meilleures machines.

» Si je joins à ces avantages les qualités mécaniques incontestables de notre appareil, je me permettrai de retourner la conclusion de notre Collègue et de penser que notre machine à disque réalise la meilleure moyenne de qualités pratiques. »

M. le Président remercie les orateurs qui ont bien voulu prendre part à cette intéressante discussion.

M. E. MERCADIER fait une Communication sur *la Phonographie* et la *Téléphonographie*, dont le texte sera publié dans le prochain numéro du *Bulletin*.

En raison de l'heure avancée, M. A. Hillairet consent à remettre à une prochaine séance la Communication pour laquelle il avait été inscrit à l'ordre du jour.

La séance est levée à 10^h45^m.



MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

NOTE SUR LA REMISE A L'HEURE DES HORLOGES A GRANDE DISTANCE PAR L'INTERMÉDIAIRE DES FILS TÉLÉGRAPHIQUES

(SYSTÈME G. DUMONT ET H. LEPAUTE).

Exposé du système. — Depuis longtemps déjà, les régulateurs placés en différents points de la gare de l'Est à Paris sont remis à l'heure électriquement par la grande horloge de la façade. Cette régulation s'opère une fois par heure, suivant le système de MM. Redier et G. Tresca, qui corrige *seulement l'avance*, mais qui a l'avantage de ne pas demander de modification du rouage. En principe, ce système consiste à arrêter l'échappement de l'horloge si elle a de l'avance, tout en laissant le pendule continuer ses oscillations; cet arrêt de l'échappement a pour durée la valeur de l'avance qu'avait prise l'horloge; dès que l'échappement est rendu libre, le pendule agit de nouveau sur le rouage et l'horloge reprend sa marche.

Ce système ayant donné d'assez bons résultats, on a eu l'idée de l'appliquer à grande distance. Il a paru qu'il suffisait, en se servant des fils télégraphiques, d'envoyer un courant dans les horloges des gares de Troyes et de Vesoul pour les remettre à la même heure que celle de Paris. Cet emprunt des fils ne peut causer aucune gêne au service des dépêches, puisque sa durée devait être très courte (cinq minutes toutes les douze heures). Toutefois, l'application n'était pas sans entraîner quelques complications dans les organes. Il s'agissait tout d'abord de réaliser l'isolement des appareils télégraphiques et la mise en communication des horloges avec la ligne pendant cinq minutes toutes les douze heures; on ne pouvait songer à faire manœuvrer un commutateur par les agents des gares, qui auraient le plus souvent oublié cette manœuvre, et c'est aux horloges elles-mêmes qu'on a demandé cette commutation automatique. Voici comment :

Commutateur. — Chaque horloge est munie d'un commutateur consistant en un électro-aimant sur l'armature duquel sont fixés deux

ressorts isolés l'un de l'autre et reliés aux fils de ligne; en temps normal (c'est-à-dire lorsque aucun courant ne traverse l'électro) les ressorts sont en contact de deux butoirs reliés au poste télégraphique; dans ces conditions, les courants cheminant dans les fils de ligne sont dirigés sur le poste télégraphique et l'échange des dépêches peut s'effectuer; mais, si un organe spécial mû par l'horloge, et dont nous parlerons plus loin, vient à fermer le circuit d'une pile locale sur l'électro, l'armature entraînera les deux ressorts, qui quitteront les premiers butoirs et viendront au contact de deux autres qui sont en communication avec l'organe de remise à l'heure. Le poste télégraphique se trouvera alors isolé des lignes qui sont affectées au service de l'horloge tant que l'armature sera attirée, c'est-à-dire tant que le courant de la pile locale circulera dans l'électro.

Le courant de la pile locale est fermé sur l'électro-aimant par l'intermédiaire d'un levier venant au contact d'un ressort; ce levier est actionné par un système de limaçons montés sur la roue de cadran et sur la chaussée du mouvement de l'horloge; le contact produit dure cinq minutes, c'est-à-dire trois minutes avant douze heures et deux minutes après douze heures.

Horloge distributrice. — C'est une horloge spéciale, placée à Paris et parfaitement régularisée qui remet à l'heure les horloges placées sur le réseau. A cet effet, elle a été munie des organes représentés *fig. 1*.

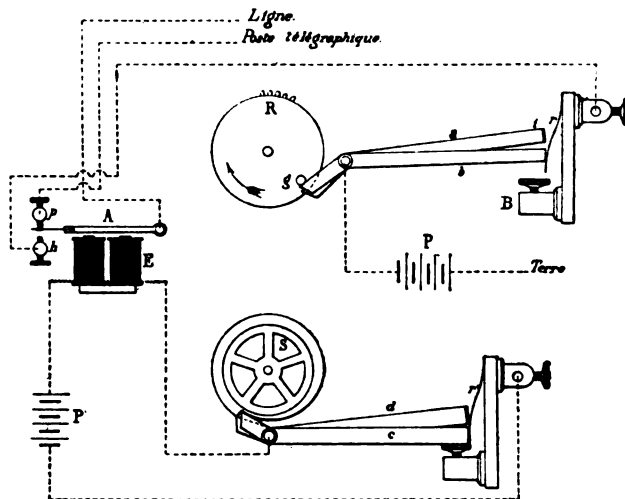
La roue R fait un tour en une heure; la goupille *g* agira donc toutes les heures sur les leviers *a* et *b* destinés à fermer le circuit de la pile P sur la ligne télégraphique; mais, ainsi que l'examen de la *fig. 1* le démontre, ce circuit ne pourra être complété qu'autant que l'armature A du commutateur E sera venue au contact du butoir *h*. Or, l'attraction de cette armature A par l'électro E ne peut avoir lieu que toutes les douze heures, parce que le circuit de la pile P' ne peut être fermé que par l'intermédiaire du levier *c* et du ressort *r'*, et que les leviers *c* et *d* sont commandés par le limaçon porté sur la roue S, laquelle fait un tour en douze heures.

Ainsi les leviers *c* et *d* ont pour fonction de fermer et d'ouvrir le circuit de la pile P' sur l'électro E, c'est-à-dire de mettre pendant cinq minutes la ligne télégraphique en communication avec l'horloge, de façon à permettre à cette dernière d'envoyer par l'intermé-

diaire des leviers *a* et *b* un courant qui, parcourant la ligne, traversera les organes électriques des horloges placées sur différents points du réseau. Nous verrons plus loin comment ce courant, qui dure soixante secondes, agit pour remettre ces horloges à la même heure que l'horloge régulatrice placée à Paris.

L'ensemble des deux leviers *a* et *b* d'un ressort *r* constitue le contact ou commutateur système Madeleine : ce commutateur permet de fermer et d'ouvrir un circuit à un moment, et pendant une durée très précise ; son fonctionnement est le suivant : la goupille *g* (*fig. 1*)

Fig. 1.



commence par soulever les deux leviers, dont les bras ont une longueur un peu différente ; la roue R, et par suite la goupille *g*, continuant leur mouvement, le levier *b*, dont le bras est le plus court, échappe le premier et vient tomber sur le butoir B, en se mettant au contact du ressort *r* ; soixante secondes après, le levier *a* échappé à son tour et, comme son extrémité est garnie d'une matière isolante *i* et que sa longueur est un peu plus grande que celle du levier *b*, en tombant, il écarte le ressort *r* du levier *b* et interrompt le courant ; après un tour complet de la roue R, le même effet se reproduit, les deux leviers sont soulevés par la goupille *g* et retombent l'un après l'autre à soixante secondes d'intervalle.

Le fonctionnement du commutateur dépendant de la roue S est

absolument le même; mais les leviers sont remontés et lâchés par un limaçon au lieu d'être mus par une goupille.

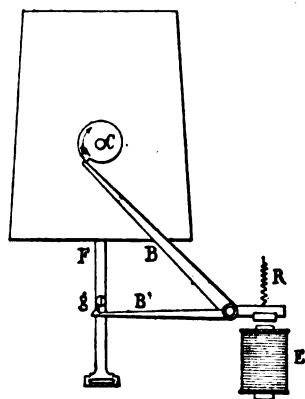
L'horloge distributrice, quoique ayant une marche très régulière, a été, pour plus de sûreté, reliée électriquement à la grande horloge de la gare; elle est donc elle-même remise à l'heure, par cette dernière, de la même façon que les horloges du réseau qu'elle commande à son tour. La seule différence consiste en ce que l'horloge distributrice est régularisée toutes les heures, tandis que, comme nous l'avons dit plus haut, les horloges du réseau ne le sont que toutes les douze heures.

Horloges réceptrices. — Ces horloges sont du type habituellement employé dans les gares, avec cette différence qu'elles ne sont pas pourvues du grand cadran extérieur. Elles sont munies chacune du commutateur décrit plus haut. Ce commutateur est actionné par une pile locale de la même façon que celui de l'horloge distributrice.

Comme nous l'avons déjà dit, le système de remise à l'heure consiste à arrêter la roue d'échappement, de telle sorte que le balancier continue à osciller librement indépendamment du rouage. L'horloge doit être réglée de manière à ne jamais retarder; on s'arrange donc pour lui donner plutôt une tendance à l'avance.

C'est à 11^h 59^m que l'horloge distributrice envoie un courant d'une durée de soixante secondes, qui, par conséquent, cesse à 12^h; le cou-

Fig. 2.



rant traverse l'électro E (fig. 2) et tend à attirer l'armature placée au-dessus; mais celle-ci ne peut obéir à cette attraction que lorsque

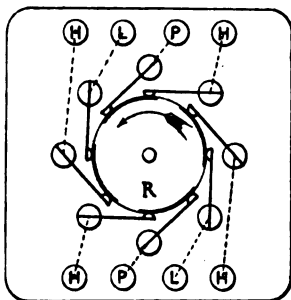
le bras du levier B sera tombé dans l'encoche du limaçon C, c'est-à-dire lorsque l'horloge à régler marquera 12^h juste; dès que l'armature pourra s'approcher de l'électro E, elle entrainera le levier B', qui retiendra, par son crochet, la goupille *g* fixée sur la fourchette F; cette dernière se trouvera donc arrêtée et l'horloge restera à 12^h, jusqu'à ce que, le courant cessant de passer dans l'électro E, le ressort R relève l'armature et dégage la goupille *g*; à ce moment précis, l'horloge distributrice et les horloges à régler marqueront toutes 12^h, et ces horloges se remettront en marche puisque leur balancier, dont les oscillations n'auront pas cessé, aura de nouveau action sur la fourchette F qui sera déagée.

On voit que les dispositions prises ne permettent de corriger qu'une avance de soixante secondes toutes les douze heures, c'est-à-dire de deux minutes par jour; mais cette limite est plus que suffisante, car les régulateurs qui varieraient davantage seraient retirés du service.

Commutateur de sûreté. — Puisque l'on emprunte la ligne télégraphique, il faut avant tout que, dans le cas d'arrêt ou de dérangement de l'horloge, les communications ne soient pas interrompues.

On n'a donc pas relié directement la ligne à l'armature A, ainsi que le suppose le schéma de la *fig. 1*; cette relation est établie par l'intermédiaire du commutateur représenté en plan *fig. 3*.

Fig. 3.



Cet appareil consiste essentiellement en une roue R en matière isolante, portant sur sa circonférence des lames métalliques destinées à établir des communications entre les divers frotteurs qui appuient dessus. En temps normal, les lignes se trouvent en communication avec le poste télégraphique par l'intermédiaire du commutateur

représenté *fig. 1* ; mais si, au moyen d'une manivelle, on fait faire un huitième de tour à la roue R (*fig. 4*), les lignes se trouvent mises

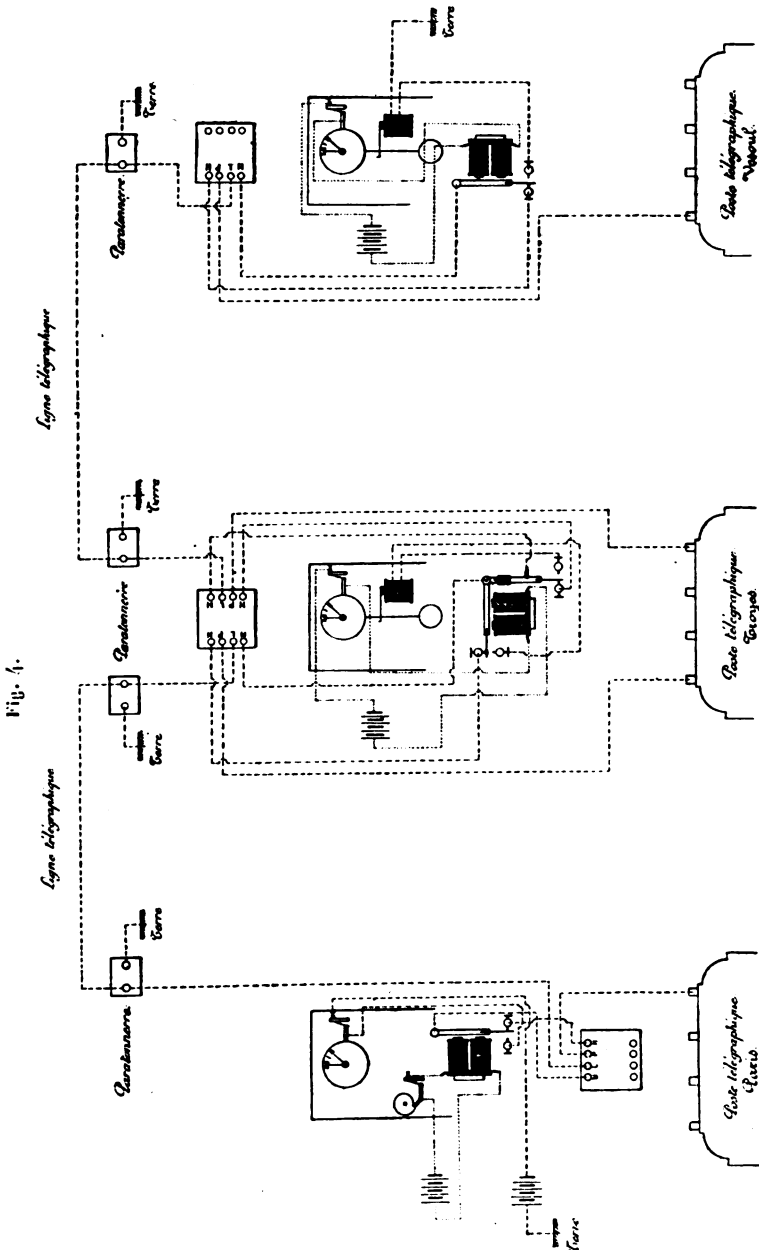


Schéma des communications électriques de deux régulateurs remis à l'heure par l'horloge distributrice de la gare de Paris.

Les traits interrompus indiquent le circuit de ligne.
 » » » le circuit de la pile locale.

en relation directe avec le poste télégraphique et le commutateur de l'horloge est isolé du circuit. Comme le commutateur de sûreté

ne doit servir qu'en cas d'arrêt ou d'avarie aux horloges, sa manivelle est maintenue par un scellé qu'on brise en cas de besoin en justifiant de la nécessité.

Disposition générale des circuits. — La *fig. 4* donne le schéma général des communications électriques nécessaires pour la réalisation du système de remise à l'heure par l'électricité en employant les fils télégraphiques, système qui est exposé par la Compagnie des chemins de fer de l'Est, dans la Classe 62 (Palais des Machines), et qui a fonctionné pendant un an et demi sans aucune interruption.

Rectifications à la Liste des Membres de la Société

(20 avril 1889).

Page 212, ligne 5, lire	Brillouin (André), Ingénieur, 24, rue de Téhéran, à Paris.
» 213, » 12, »	Cartault (Paul), 11, rue de Verneuil, à Paris.
» 214, » 29, »	Cini (Giuseppe), Ingénieur électricien, 73, boulevard Saint-Germain, à Paris.
» 217, » 14, »	Deplanque (A.), Ingénieur civil, 9, rue Pointire, à Amiens (Somme).
» 220, » 6, »	Ferry (Louis), Électricien, 143, boulevard Pereire, à Paris.
» 225, » 31, »	Jablochkoff (Paul), Ingénieur électricien, 3, rue Théry, à Paris-Passy.
» 230, » 8, »	Lourme (E.), Directeur des Postes et des Télégraphes de la Cochinchine et du Cambodge, à Saïgon (Cochinchine).
» 232, » 7, »	Meyer (Georges), Ingénieur électricien, 82, rue Lauriston, à Paris.
» 234, » 10, »	Parenthou (Émile-Henry), Électricien, 18 <i>bis</i> , rue Denfert-Rochereau, à Paris.
» 234, » 32, »	Patin (Octave), Ingénieur électricien, 9, rue du Point-du-Jour, à Paris-Auteuil.
» 236, » 5, »	Pollak (Charles-François), Ingénieur électricien, 14, rue Jacob, à Paris.
» 238, » 2, »	Ritter (Gaston), Électricien, 143, boulevard Pereire, à Paris.
» 239, » 6, »	Samuel (Paul), Ingénieur électricien de la <i>Compagnie de Télégraphie et de Téléphonie internationales</i> , 17, rue du Champ-de-Mars, à Paris.
» 239, » 20, »	Savary-Duclos (Xavier), Docteur en Médecine, 3, rue de la Banque, à Évreux (Eure).
» 242, » 36, »	Vallance (Théophile), Sous-Inspecteur des Postes et Télégraphes, à Saïgon (Cochinchine).

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

—

Les Membres de la Société qui n'ont pas encore acquitté leur cotisation sont invités à en faire parvenir le montant au Délégué général de leur région, ou directement au Siège social, 44, rue de Rennes, à Paris, à l'adresse de M. le Trésorier.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du Mercredi 3 Juillet 1889.

PRÉSIDENCE DE M. LE COLONEL SÉBERT.

La séance est ouverte à 8^h 30^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion mensuelle est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 348), et d'un don fait au Laboratoire :

M. P. LEMONNIER : Compteur wattmètre système L. Brillié.

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Barberis (Jean), Ingénieur électricien, Directeur de l'atelier des lampes à incandescence homogènes françaises, 19, rue Didot, à Paris. — Présenté par MM. R. Arnoux et G. Cini.

Ducastel (C.), Électricien, 249, rue Solférino, à Lille (Nord). — Présenté par MM. R.-V. Picou et A. Sabourain.

TOME VI, 1889. — N° 60.

21

MM.

Perrier (A.), Directeur de la station centrale d'Électricité, à Périgueux (Dordogne). — Présenté par MM. A. Gravier et J. Ricquier.

Ribière (Charles), Ingénieur des Ponts et Chaussées, attaché au Service des Phares, 6, rue Bizet, à Paris. — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et J. Carpentier.

Szarvady (Géza), Ingénieur des Arts et Manufactures, 3, rue Gounod, à Paris. — Présenté par MM. A. Hillairet et F. de Nerville.

Ces candidats sont élus Membres titulaires de la *Société internationale des Électriciens*.

M. le Président informe les membres de la Réunion que, par suite de l'impossibilité d'obtenir, dans l'enceinte de l'Exposition, un local convenable pour les conférences projetées, on a dû se borner à organiser des visites, avec conférences sur place pour certaines catégories des objets exposés.

Le programme de ces visites a été adressé aux membres de la Société.

Il rappelle que les vacances commencent après la séance de ce jour et qu'il ne devrait plus normalement y avoir de Réunion avant le mois de novembre; mais il annonce qu'il a été prévenu qu'un certain nombre de membres de l'Institution des Ingénieurs électriciens de Londres se proposaient de se réunir prochainement à Paris pour visiter l'Exposition.

Dans ces conditions, il s'est empressé d'écrire au Président de cette Institution pour mettre à sa disposition la salle de nos séances pour une Réunion commune, dans laquelle les deux Sociétés pourraient resserrer les liens qui les unissent.

Si cette proposition est acceptée, cette Réunion fera l'objet d'une convocation spéciale.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

SUR LES EXPÉRIENCES DE M. H. HERTZ.

M. JOUBERT. — « M. le Dr Hertz, professeur à Carlsruhe, a publié dans le courant de l'année 1888-1889 des expériences d'un haut intérêt. Je les ai répétées pour la plupart, avec le concours de M. de Nerville, au Laboratoire central d'Électricité de la place Saint-Charles.

La grande salle du Laboratoire, qui forme un rectangle de 15^m sur 14^m, permettait de les reproduire dans des conditions très favorables (1).

» Ce qui fait le grand intérêt des expériences de M. Hertz, ce sont les renseignements précis qu'elles nous donnent sur l'intervention du milieu extérieur dans les phénomènes électriques. L'idée de cette intervention n'est pas chose nouvelle : après les expériences de Faraday et les théories de Maxwell, il ne restait guère de doutes sur ce point dans l'esprit des physiciens ; mais la preuve expérimentale manquait. Elle nous est donnée par les expériences de M. Hertz. Ces expériences montrent, en particulier, que le milieu qui intervient dans les phénomènes électriques est ce même éther qui est le siège des phénomènes lumineux ; que les perturbations des deux espèces s'y propagent dans les mêmes conditions et avec la même vitesse ; enfin qu'il y a identité de nature entre *certain*s phénomènes électriques et les phénomènes lumineux.

» Qu'est-ce qu'un courant électrique ? Nous n'en savons rien. Mais voici une image qui rend assez bien compte des faits : elle consiste à considérer un fil conducteur, à l'état naturel, comme relié à des cordons élastiques indéfinis, normaux à sa surface. Faire passer un courant dans le fil, c'est déplacer le fil parallèlement à lui-même dans le sens du courant, de manière à entraîner les points d'attache de tous les cordons. Ceux-ci deviennent obliques et restent obliques tant que le courant passe, mais reviennent à leur première situation et reprennent leur direction normale sitôt qu'il cesse. Ces cordons étant indéfinis, l'effet du courant se fait sentir aux distances les plus reculées ; mais de moins en moins, évidemment, à mesure que la distance augmente.

» Mais, bien évidemment aussi, l'effet ne se fait pas sentir partout au même instant ; il n'arrive que progressivement aux différents points et met, par exemple, un peu plus de huit minutes à arriver au Soleil. Ajoutons que ce qu'on appelle le *coefficient de self-induction*

(1) Le matériel nécessaire pour ces expériences nous a été fourni très obligeamment par MM. Carpentier, Lemonnier et par la Société pour le travail électrique des métaux. Qu'il me soit permis de les remercier ici de leur généreux concours. J'ai aussi de vifs remerciements à adresser aux jeunes ingénieurs attachés au laboratoire, MM. Margaine, Dierman, Bary, pour l'aide qu'ils ont bien voulu nous donner en toute circonstance.

n'est que le coefficient du terme qui correspond à ce travail extérieur de la création du champ.

» Bien entendu, le phénomène dont je viens de parler n'a point son analogue dans les phénomènes lumineux. Pour que la ressemblance apparaisse, il faut considérer les courants alternatifs. Faisons passer dans notre conducteur rectiligne un courant alternatif de forme sinusoïdale; les cordons élastiques vont être tirés alternativement dans un sens et dans l'autre et chacun d'eux va être le siège de vibrations transversales se propageant suivant sa longueur. Nous appellerons, suivant l'usage, longueur d'ondulation le chemin dont progresse le mouvement pendant le temps d'une vibration complète, d'un aller et d'un retour. C'est sous l'action de ces mouvements transmis par l'éther qu'un fil conducteur, tendu parallèlement au premier, devient le siège de courants d'induction. Remarquons que, si ce fil est tendu à une distance du premier égale à la longueur d'ondulation, il donnera, à l'intensité près, les mêmes phénomènes d'induction que s'il était au contact; mais que s'il était à une distance moitié moindre, c'est-à-dire égale à une demi-longueur d'ondulation, les mouvements induits seraient à chaque instant de sens contraire à ceux qui se produisent dans un fil voisin du fil conducteur, les seuls que nous soyons habitués à considérer, et que les lois élémentaires des courants directs et inverses seraient renversées.

» La constatation expérimentale de ce fait serait la preuve la plus directe de la propagation de l'action électrique; mais si la vitesse de propagation est celle de la lumière, savoir $300\,000\text{ km}$ par seconde, et que la période de notre courant alternatif soit de $\frac{1}{100}$ de seconde, la longueur d'onde sera de 3000 km , et la distance des deux fils devrait être de 1500 km .

» Pour avoir une longueur d'onde de 3 m , il ne faudrait pas que la durée de la vibration dépassât $\frac{1}{100\,000\,000}$ de seconde.

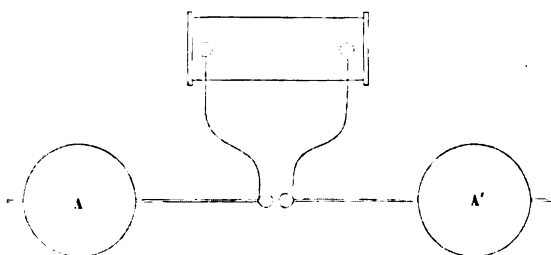
» On ne peut songer à produire directement des courants alternatifs de période aussi brève; mais on sait, d'un autre côté, que, sous certaines conditions de résistance du circuit, la décharge de la bouteille de Leyde se fait par des oscillations isochrones de très courte durée; mais ces oscillations ont toujours été trouvées comprises entre $\frac{1}{10\,000}$ et $\frac{1}{100\,000}$ de seconde. Il en est de même des oscillations qui se produisent, à chaque interruption du courant inducteur, dans

le fil secondaire, resté ouvert, d'une bobine de Ruhmkorff. Cette durée minimum de $\frac{1}{1000000}$ de seconde correspond encore à une longueur d'onde de 3^{km} !

» Un des grands mérites de M. Hertz est d'avoir réalisé un dispositif capable de donner des oscillations plus rapides encore, et dont la durée peut se compter en billionnièmes de seconde.

» La théorie indique que si deux sphères (*fig. 1*), chargées à des potentiels différents, sont mises en communication par un conducteur,

Fig. 1.



l'équilibre s'établit par une série d'oscillations isochrones, rapidement amorties, tout à fait semblables à celles d'un liquide contenu dans des tubes communicants, et dont on a dérangé le niveau. La durée de l'oscillation dépend de la capacité C et du coefficient de self-induction L du système et est donnée, quand la résistance du fil de jonction est négligeable, par la formule

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

» Tel est en somme l'appareil de M. Hertz, que nous appellerons l'*excitateur* : il se compose essentiellement d'un conducteur rectiligne coupé en son milieu et terminé à ses extrémités par deux capacités, deux grosses sphères ou deux plaques.

» Dans l'appareil mis sous les yeux de la Société, le conducteur rectiligne a un diamètre de $0^{\text{cm}},5$ et une longueur de 40^{cm} ; les deux sphères ont 30^{cm} de diamètre. On a, par suite,

$$C = \frac{15}{9 \cdot 10^{20}},$$

$$L = 400$$

et

$$T = 16 \cdot 10^{-9}.$$

On en déduit pour la longueur d'ondulation, la vitesse étant supposée celle de la lumière,

$$\lambda = 4^m, 80.$$

» Pour réaliser la charge instantanée de l'excitateur, on laisse une interruption au milieu, en terminant les deux extrémités en regard par de petites boules et en mettant chacune de ces boules en communication permanente avec les deux pôles d'une bobine Ruhmkorff. La bobine employée avec l'excitateur dont il vient d'être question est une bobine de Carpentier (modèle de 600^{fr}), fonctionnant avec un interrupteur Marcel Deprez et un courant qui est de 15 ampères quand on supprime l'interruption.

» Voici quel est le jeu de l'appareil. Au moment où l'induction se produit sur le fil secondaire de la bobine, les deux branches de l'excitateur qui en forment les extrémités sont portées à des potentiels différents et, au même instant, une forte étincelle éclate entre les deux boules. Celle-ci établit, pendant un temps très court, entre ces deux boules un passage de faible résistance, à travers lequel le conducteur rectiligne se décharge sur lui-même d'une manière indépendante, à peu près comme s'il était séparé de la bobine. Ces oscillations s'éteignent avant que l'oscillation suivante de la bobine, qui ne revient guère qu'après $\frac{1}{10000}$ de seconde, ait eu le temps de se produire, et elles se renouvellent de la même manière à chaque oscillation de la bobine. On peut assimiler l'état de l'excitateur à celui d'une corde de violon dont les vibrations sont entretenues par l'entraînement saccadé de l'archet.

» La condition essentielle du phénomène est donc que l'étincelle d'induction passe et présente une intensité convenable. Si l'on écarte les boules de manière à la supprimer et à laisser ouvert le fil secondaire de la bobine, on n'a plus que les oscillations propres de la bobine, lesquelles sont environ dix mille fois plus lentes que les oscillations propres de l'excitateur.

» La production des oscillations rapides dépend de conditions complexes et même assez mystérieuses : non seulement la distance des deux boules, mais l'état de la surface, le degré de poli de ces boules, les dimensions de la bobine, l'intensité du courant inducteur, etc., ont de l'influence; une lumière violette un peu vive tombant sur les boules éteint complètement les oscillations.

» On reconnaît que l'appareil fonctionne bien au bruit et à l'aspect de l'étincelle : l'étincelle est formée de traits rectilignes très minces et très brillants, donnant lieu à des crépitements secs.

» L'excitateur développe naturellement dans les conducteurs voisins des courants induits alternatifs. J'ai établi expérimentalement en 1880 (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XCI, p. 408 et 493; 1880) les lois des courants alternatifs. J'ai montré en particulier que les choses se passent comme si le circuit, au lieu de sa résistance R (*résistance vraie*), avait une résistance (*résistance apparente*) égale à

$$\sqrt{R^2 + \frac{4\pi^2 L^2}{T^2}}.$$

» Dans ces expériences actuelles, par suite de l'excessive petitesse de T , le second terme du radical prend une valeur énorme, devant laquelle la résistance propre du conducteur devient absolument négligeable. Et de là plusieurs conséquences nécessaires qui vont donner au phénomène un caractère tout particulier.

» D'abord la résistance du conducteur ne va jouer aucun rôle : toutes choses égales d'ailleurs, les phénomènes qui se produiront dans un fil seront indépendants de la nature et de la grosseur du fil. En second lieu, il s'établira entre deux points voisins d'un même conducteur, qui se trouvent séparés par une résistance apparente qui peut être énorme, des différences de potentiel hors de toute proportion avec celles qu'il nous est donné d'observer ordinairement. Enfin la propriété des courants variables de ne pénétrer que progressivement les couches profondes du conducteur sera portée à sa limite, et les mouvements électriques seront uniquement superficiels.

» En fait, quand l'appareil fonctionne bien, comme en ce moment, et que les oscillations se produisent, il n'existe pas dans la salle ni dans les salles voisines de morceau de métal, grand ou petit, isolé ou en communication avec le sol, dont on ne puisse tirer des étincelles. On les voit jaillir entre les deux extrémités d'un fil qu'on recourbe en arc, entre deux pièces de monnaie ou deux clefs que l'on rapproche; on en tire, en présentant la pointe d'un couteau, des conduites du gaz, de l'eau, etc.

» Pour analyser le phénomène, M. Hertz se sert d'un fil contourné en cercle et dont les extrémités peuvent être rapprochées à volonté.

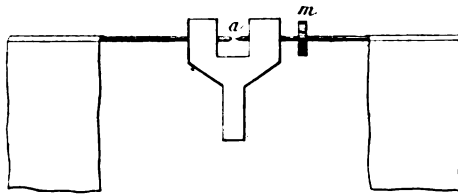
On observe les étincelles qui partent entre les extrémités du fil et l'on juge de l'intensité du phénomène par la distance explosive et par l'éclat de l'étincelle. En essayant des cercles de diamètres différents, on en trouve un pour lequel les étincelles prennent une longueur maximum : c'est que la période du mouvement électrique excité dans le fil qui constitue le cercle est alors la même que celle de l'excitateur; le cercle agit comme *résonateur*. Et en effet, si l'on prend un cadre de même diamètre, mais où le fil fasse plusieurs tours, on obtient des étincelles beaucoup plus faibles.

» Avec un résonateur bien accordé, les étincelles ont 8^{mm} à 10^{mm} dans le voisinage de l'excitateur; elles décroissent rapidement quand la distance augmente, mais elles sont encore visibles à 15^{m} ou 20^{m} de l'appareil.

» J'espérais rendre ces phénomènes visibles à un auditoire en employant une grenouille; la grenouille ne donne absolument rien.

» Au lieu du cercle de M. Hertz, nous avons employé, M. de Nerville et moi, un résonateur rectiligne composé de deux tiges formées par deux fils de cuivre placés bout à bout, et dont les extrémités portent des capacités formées par des feuilles d'étain (*fig. 2*).

Fig. 2.



On détermine par tâtonnements la longueur des fils et la grandeur des feuilles d'étain les plus convenables. A l'interruption, en *a*, l'un des fils est arrondi, l'autre taillé en pointe. Le système constitue une espèce de micromètre; l'un des fils porte un pas de vis et l'on fait varier la distance explosive en tournant la molette *m*.

» L'étincelle part dans l'intervalle que laissent entre eux les deux fils. Quand l'excitateur fonctionne dans la grande salle du laboratoire et que la longueur des fils et la grandeur des capacités sont bien réglées, on observe des étincelles très brillantes qui atteignent 7^{mm} à 8^{mm} dans le voisinage de l'excitateur, mais qui sont encore vi-

sibles dans toutes les autres salles, dans la cour, dans la rue, même à plus de 50^m de distance et à travers plusieurs murs.

» Cet appareil donne lieu à une expérience très curieuse montrant bien l'influence de la lumière sur la production des oscillations. En approchant le résonateur de l'excitateur, on voit le caractère de l'étincelle de l'excitateur changer et en même temps l'étincelle du résonateur disparaître. En interposant un écran quelconque, le phénomène reparait dans tout son éclat. Une lame de verre fait le même effet qu'un écran opaque; au contraire, l'interposition d'une lame de quartz mince, qui laisse passer la lumière violette, ne rétablit pas le phénomène.

» L'étincelle du résonateur rectiligne est maximum quand celui-ci est parallèle à l'excitateur. L'étincelle est nulle quand le résonateur est dans le plan de symétrie de l'excitateur, mais il suffit de le tourner de quelques degrés pour la voir reparaitre.

» Un mur en pierre se comporte comme une lame transparente pour les ondulations, et l'on ne peut guère constater de différence entre les étincelles qu'on obtient d'un côté ou de l'autre. Une lame métallique mince se comporte comme une glace très légèrement argentée; elle réfléchit une partie de l'onde, mais en laisse passer une partie très notable; ainsi les étincelles sont encore très sensibles derrière une surface métallique formée d'une feuille d'étain ou d'une lame de zinc de 0^{mm}, 5, ou même d'une lame de fer de 3^{mm}. Ces nombres sont simplement les épaisseurs des lames essayées, et ils n'ont pas d'autre signification. Il est probable qu'on obtiendrait une réflexion plus complète avec des lames plus épaisses ou plus conductrices.

» J'arrive ici à une des expériences fondamentales de M. Hertz, celle qui démontre d'une façon péremptoire l'existence de ces ondes dont il vient d'être question. C'est une expérience tout à fait analogue à celle par laquelle Savart a constaté l'interférence des ondes sonores directes avec les ondes réfléchies par un mur. Le fond de la salle a été recouvert de plaques de zinc formant une surface métallique de 4^m sur 6^m, et l'excitateur a été placé en face à l'autre extrémité.

» Les mouvements vibratoires provoqués par l'excitateur viennent se réfléchir sur la surface métallique. Par un mécanisme bien connu,

les ondes réfléchies interférant avec les ondes directes donnent naissance à des ondes stationnaires séparées par des nœuds fixes. Et en effet, si l'on place le résonateur très près du mur, on ne voit que de faibles étincelles; elles augmentent quand on s'en écarte, atteignent un maximum, puis vont en décroissant, et enfin disparaissent presque à une distance de $2^m,40$, pour reparaitre ensuite. Ainsi, il y a un premier nœud au contact du mur, comme cela a lieu pour les ondes sonores quand la réflexion se fait avec changement de signe, et un second à une distance de $2^m,40$. La distance correspond à une demi-longueur d'ondulation. Si l'on admet la durée calculée plus haut pour la vibration, c'est-à-dire 16 billionièmes de seconde, on en déduit que la vitesse de propagation est de $300\,000^{km}$, c'est-à-dire celle de la lumière.

» Ainsi les mouvements vibratoires électriques et les mouvements vibratoires lumineux se propagent avec la même vitesse. Ils répondent donc à une modification de même nature du même milieu. La seule différence est dans la durée de la période. On obtient facilement des vibrations électriques d'un billionième de seconde, et par suite des longueurs d'ondulations de 30^{cm} . La longueur d'ondulation des rayons visibles est en moyenne de $0^{cm},00005$, c'est-à-dire 600000 fois plus courte.

» M. Hertz a voulu pousser plus loin l'analogie entre les deux phénomènes, et nous avons répété également la plupart de ses expériences; malheureusement, elles sont trop délicates pour être montrées à un auditoire, et je ne puis qu'inviter les membres de la Société à venir les voir au laboratoire de la place Saint-Charles (¹). Je me contenterai ici d'en indiquer le principe.

» Un excitateur à période très courte est placé suivant la ligne focale d'un cylindre parabolique ayant une hauteur de 2^m sur une ouverture de $1^m,20$ (²).

» Le champ dans lequel le phénomène est sensible et où l'on peut obtenir des étincelles avec le résonateur est limité par deux plans verticaux passant par les bords des miroirs et parallèles à l'axe

(¹) Une séance extraordinaire a eu lieu place Saint-Charles, le vendredi 12 juillet, pour la répétition de ces expériences.

(²) Nous devons ces miroirs à l'obligeance de M. Lemonnaier.

de la parabole de base. On a ainsi un véritable *rayon électrique parallèle*, identique au rayon lumineux que donnerait une source de lumière mise à la place de l'excitateur.

» En recevant ce rayon sur un second miroir identique au premier, on peut répéter l'expérience bien connue des deux miroirs conjugués et montrer que le mouvement vibratoire est concentré sur la ligne focale du second miroir. On peut aussi faire réfléchir ce rayon sur un plan et constater que l'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion. On peut aussi lui faire traverser un prisme, montrer qu'il est dévié vers la base du prisme, et déduire de la déviation l'indice de réfraction de la substance pour le rayon électrique. M. Hertz a fait cette dernière expérience avec un prisme d'asphalte. C'est la seule que nous n'ayons pu répéter, faute d'un prisme de dimensions suffisantes. »

M. le Président remercie chaleureusement M. Joubert et le félicite du charme qu'il a su donner à sa Communication sur un sujet du plus haut attrait scientifique; il ajoute que la Société doit s'estimer heureuse que son Laboratoire ait permis la réalisation de ces remarquables expériences, lesquelles y seront répétées plus complètement et tout spécialement pour ses membres, le vendredi 12 juillet, à 8^h30^m du soir.

SUR L'ÉCLAIREMENT PRODUIT PAR UN ALIGNEMENT DROIT DE FOYERS LUMINEUX IDENTIQUES ET ÉQUIDISTANTS.

M. A. HILLAIRET. — « Si l'on veut se rendre compte de l'éclairement produit par un alignement droit de foyers lumineux sur un élément de plan parallèle à cet alignement, on voit qu'il faut d'abord évaluer l'éclairement produit par chaque foyer sur cet élément de plan et ensuite faire la somme de tous les éclairéments partiels ainsi obtenus.

» La formule qui donne la valeur de l'éclairement total met en évidence l'influence particulière de la plus courte distance de l'élément de plan à l'alignement considéré, ainsi que l'influence de l'éloignement des foyers estimé relativement au pied de la plus courte distance.

» Cette formule montre que, si l'on éloigne l'élément de plan de

l'alignement des foyers, l'éclairement varie beaucoup moins rapidement qu'on ne serait tenté de le supposer, et que la loi de variation en fonction de la plus courte distance s'approche d'autant plus de la forme linéaire, c'est-à-dire de la proportionnalité, que l'alignement des foyers est plus développé.

» Si l'on considère les deux cas limites extrêmes, c'est-à-dire le cas où l'alignement a un développement nul et se réduit à un foyer unique, et le cas où l'alignement est infini et comprend un nombre infini de foyers, l'éclairement peut être exprimé par des lois simples : dans le premier cas, la variation de l'éclairement suit la loi du carré de la distance de l'élément de plan au foyer unique, et dans le second, *l'éclairement varie comme la première puissance de l'élément de plan à l'alignement considéré.*

» Nous allons montrer comment cette seconde proposition est un corollaire de la première, dont elle peut se déduire immédiatement.

» Supposons que de l'élément de plan partent deux cloisons opaques, faisant entre elles un certain angle et circonscrivant sur l'alignement un certain nombre de foyers.

» L'élément de plan ne reçoit ainsi que les rayons émanés de ces foyers et doit à eux seuls son éclairement. Un tel dispositif peut être facilement réalisé : l'élément de plan serait la membrane d'un photomètre dont les deux cloisons feraient entre elles l'angle en question.

» Si l'on suppose que, l'élément de plan restant dans la position qu'il occupe, on éloigne l'alignement des foyers parallèlement à lui-même, sans déplacer le pied de la plus courte distance à l'élément de plan et sans modifier l'angle des deux cloisons, on voit que ces deux cloisons comprendront entre elles un nombre de foyers plus grand que dans la première position.

» Si, par exemple, dans la première position, le nombre des foyers circonscrits était n et la plus courte distance d ; si, dans la seconde position, la plus courte distance est devenue Kd , le nombre des foyers circonscrits deviendra Kn .

» Or, dans la seconde position, en raison de la loi élémentaire du carré, chaque foyer circonscrit éclairera K^2 fois moins que dans le cas précédent; mais, comme le nombre des foyers circonscrits

s'est accru dans le rapport K , l'éclairement aura simplement diminué dans une proportion indiquée par le rapport $\frac{K^2}{K} = K$.

» L'angle des cloisons du photomètre n'ayant pas varié, l'incidence variable des rayons des différents foyers s'élimine d'elle-même dans la comparaison des différentes positions, et, l'alignement des foyers étant développé à l'infini, on voit qu'on pourra faire entrer entre les cloisons autant de foyers qu'on voudra, à mesure qu'on accroîtra l'éloignement de l'élément de plan.

» En outre, la démonstration précédente est indépendante de la valeur de l'angle des cloisons. On peut donc supposer que, cela étant exact pour chaque angle élémentaire qu'on peut tracer dans l'espace entre 0° et 180° , le résultat intégral sera bien celui qui résulte de cette démonstration.

» La proposition que nous venons de développer a une origine fort ancienne et est connue depuis longtemps, mais sous une autre forme et concernant d'autres phénomènes que ceux de l'éclairement.

» En étudiant l'action d'un pôle magnétique sur un courant rectiligne très développé, les physiciens Biot et Savart avaient trouvé, en 1821, que cette action variait en raison inverse de la première puissance de la distance du pôle au courant. Bien qu'Ampère eût montré un peu auparavant que l'action d'un pôle magnétique sur un élément de courant variait en raison inverse du carré de la distance du pôle à l'élément, Biot et Savart n'hésitèrent pas à donner, dans la première édition de leur *Précis de Physique*, la loi de la première puissance. Il y avait donc désaccord entre Ampère, d'une part, et, de l'autre, Biot et Savart; mais ce désaccord n'était qu'apparent et ce fut Laplace qui montra que les prétentions des deux partis pouvaient également se justifier. C'est alors que Laplace donna la démonstration de la loi de Biot et Savart, en partant de la loi d'Ampère, et montra que, si la loi élémentaire était bien celle du carré, la loi intégrale devait être celle de la première puissance de la distance du pôle au courant rectiligne.

» Le caractère de généralité de cette loi en permet l'application dans tous les cas où les phénomènes élémentaires sont régis par la loi du carré, et en particulier dans l'étude du cas qui nous occupe.

» Dans les études que nécessite l'établissement d'un projet

d'éclairage, il est bon de tenir compte de cette proposition, qui permet d'obtenir facilement des effets qu'on chercherait peut-être vainement à réaliser par d'autres moyens.

» Il y a, d'ailleurs, des cas où ce dispositif a été employé avec succès, mais un peu au hasard et sans qu'on pût se rendre compte exactement de ce qui en rendait l'usage nécessaire.

» Lorsqu'on met devant un foyer lumineux, en travers du banc d'un photomètre, un de ces verres diffuseurs dont une face est composée d'une série de pyramides tronquées, et si l'on fait varier la distance du photomètre à ce diffuseur, sans modifier la position du foyer, on observe que l'éclairement de la membrane du photomètre ne varie pas en raison inverse du carré de la distance et que sa variation s'écarte d'autant plus de la loi du carré que la longueur du diffuseur normalement au banc devient plus considérable. C'est que, dans ce cas, chaque pyramide tronquée du diffuseur se comporte comme un foyer séparé, et l'éclairement de la membrane du photomètre se compose alors à la manière de l'éclairement de l'élément de plan éclairé par un alignement droit de foyers multiples.

» Les personnages d'un théâtre sont éclairés en avant par une rampe de foyer développée en un long cordon rectiligne ou, plus généralement, tournant sa concavité vers la scène. On peut remarquer que, quand un personnage s'éloigne de la rampe, si son éclairement varie, cette variation s'effectue lentement, et même si lentement qu'on ne la remarque généralement pas.

» L'explication de ce fait est tout entière dans la proposition que nous venons de démontrer.

» En outre, si l'on réfléchit que, sur une scène, l'éclairement du personnage, des différents côtés, est fait par des alignements de foyers (rampe et portants), on voit qu'on atténue dans la plus grande mesure possible les variations de l'éclairement et que, par conséquent, on évite le plus possible d'impressionner trop vivement l'œil du spectateur; ce qui n'aurait pas lieu si la rampe était remplacée par un foyer unique.

» Notre Collègue M. Picou a bien voulu me communiquer les renseignements suivants relatifs à la rampe de l'Opéra : la rampe a une longueur totale de 14^m; dans ces 14^m, 2^m sont réservés au logement du souffleur. L'éclairage de la rampe est fait par 120 lampes à incan-

descence de 16 bougies, disposées en deux séries de 60 lampes, espacées de 0^m,10 en 0^m,10 de chaque côté du logement du souffleur.

» Si l'on supposait toutes ces lampes concentrées en un foyer unique situé au milieu de la rampe, l'éclairement d'un acteur situé à 1^m de ce milieu serait de $16 \times 120 = 1920$ bougies-mètre, tandis qu'en réalité, avec la disposition en cordon lumineux, cet éclairement n'est guère que vingt-sept fois moindre, soit environ 71 bougies-mètre. Quand le personnage s'éloigne de 6^m de la rampe, l'éclairement que produit celle-ci devient environ 27 bougies-mètre; si la rampe était remplacée par un foyer unique de la valeur indiquée plus haut, l'éclairement du personnage, à 6^m du foyer, descendrait à 53 bougies-mètre environ. On voit donc que, dans le cas de la rampe actuelle, l'éclairement produit par celle-ci ne varie guère que dans le rapport de 3 à 1 quand la distance du personnage varie de 1^m à 6^m, tandis que, pour une même variation de distance, l'éclairement varierait dans le rapport de 1 à 36 environ dans le cas d'un foyer unique.

» Enfin, pour terminer, nous rappellerons que c'est en vertu de cette considération que la hauteur des lustres du Palais des Machines de l'Exposition universelle a été portée de 30^m à 40^m, cet accroissement de la distance des foyers au sol influant sur l'éclairement beaucoup moins qu'on ne pourrait se l'imaginer à première vue, surtout si l'on considère que les surfaces réfléchissantes et éclairant indirectement le sol ont, dans ce palais, un développement considérable. »

M. le Président remercie M. Hillairet.

La séance est levée à 10^h du soir.



MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

NOTE SUR LE MOTEUR ÉLECTROMÉCANIQUE DESTINÉ A LA MANŒUVRE DES DISQUES OU SIGNAUX A VUE DES CHEMINS DE FER.

(SYSTÈME GEORGES DUMONT ET POSTEL-VINAY.)

Les signaux de chemins de fer sont généralement manœuvrés mécaniquement, c'est-à-dire que, au moyen d'un fil métallique guidé sur des poulies, on relie un levier placé à la gare à un contrepoids commandant une manivelle destinée à mouvoir le signal.

On a imaginé un assez grand nombre de disques électriques dans le but d'éviter les difficultés de toutes sortes qui se présentent pour l'établissement et le bon fonctionnement des transmissions mécaniques lorsque le signal est placé à de grandes distances du point à protéger, lorsque les fils de transmission doivent suivre des parties de voie en courbe, lorsque enfin le signal est muni de deux ou plusieurs transmissions.

L'emploi de l'électricité permet aussi de réaliser avec moins de dépenses les enclenchements imposés aux Compagnies de chemins de fer et de faire faire la manœuvre du signal par le train lui-même.

On a pu craindre pendant quelque temps que l'électricité ne fût pas un agent sûr; mais on a dû revenir sur cette présomption en présence de l'expérience de plusieurs années de fonctionnement que nous offrent les électro-sémaphores.

Les disques électriques allemands, dont quelques modèles ont été essayés en France et n'ont pas été adoptés, comportent des rouages assez compliqués et qui s'usent rapidement, en raison de la poussière qui y pénètre forcément, quelque précaution que l'on prenne, et qui se loge dans les engrenages; de plus, ces disques forment un ensemble constituant un appareil complet qu'il faut substituer à l'ancien signal mécanique dont aucune partie ne peut être utilisée.

Ce qui caractérise notre appareil, désigné sous le nom de *moteur électromécanique*, c'est qu'il peut s'adapter très facilement aux signaux existants de quelque genre qu'ils soient, de sorte qu'une Compagnie de chemin de fer peut utiliser tout son matériel et sub-

stituer à peu de frais la manœuvre électrique à la manœuvre mécanique de ses signaux, sans qu'il soit nécessaire de les déposer. Il suffit de supprimer la transmission et de placer à côté du signal le moteur qui est relié par un fil télégraphique au poste ou aux postes qui doivent le manœuvrer.

La *fig. 1* représente la vue en élévation d'un disque du modèle de la Compagnie de l'Est avec son moteur électromécanique.

Fig. 1.

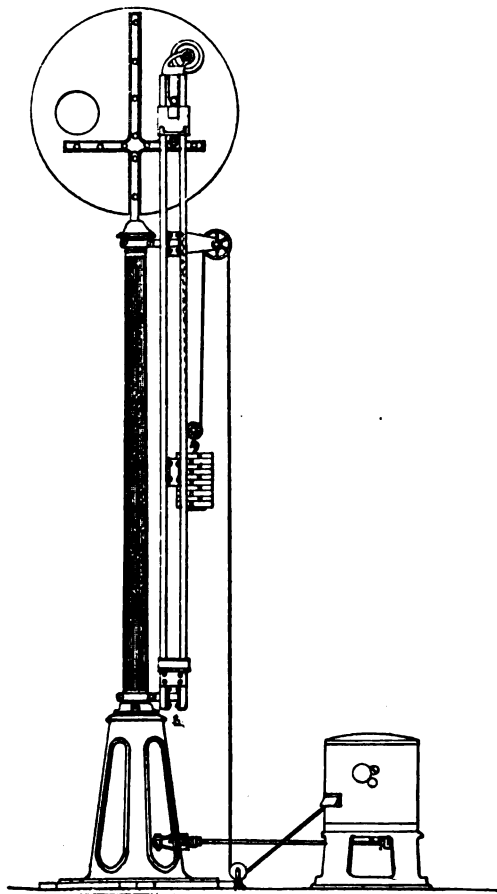
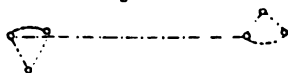


Fig. 1 bis.



Principe du système. — Le système est basé sur le principe suivant : si le courant électrique passe dans les bobines du moteur, le

disque reste ouvert (*voie libre*); dès que le courant est interrompu, l'armature d'un électro-aimant, en se déplaçant, déclenche le mécanisme qui, par l'intermédiaire d'une chaîne et de deux poulies, fait faire un quart de tour à l'arbre du disque (voir *fig. 1 bis*); celui-ci se met donc à l'arrêt (*voie fermée*).

Si l'on ferme de nouveau le circuit, un nouveau déclenchement se produit et le mécanisme fait faire au disque un quart de tour en sens inverse du premier; le disque se place donc à la position de *voie libre* et y reste jusqu'à ce qu'une nouvelle rupture du circuit intervienne pour opérer un nouveau déclenchement.

Les piles employées pour fournir le courant nécessaire sont du système Leclanché; c'est un avantage sur les systèmes allemands qui ne peuvent fonctionner qu'avec des piles au sulfate de cuivre, dont l'entretien est plus difficile et beaucoup plus coûteux.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, le moteur forme un tout, relié au disque par l'intermédiaire d'une chaîne engagée et fixée sur deux poulies; l'une d'elles est calée sur l'arbre du disque, l'autre sur l'arbre du moteur. Ces deux arbres sont ainsi solidaires et exécutent les mêmes mouvements.

Mécanisme du moteur. — Le mécanisme du moteur se compose :

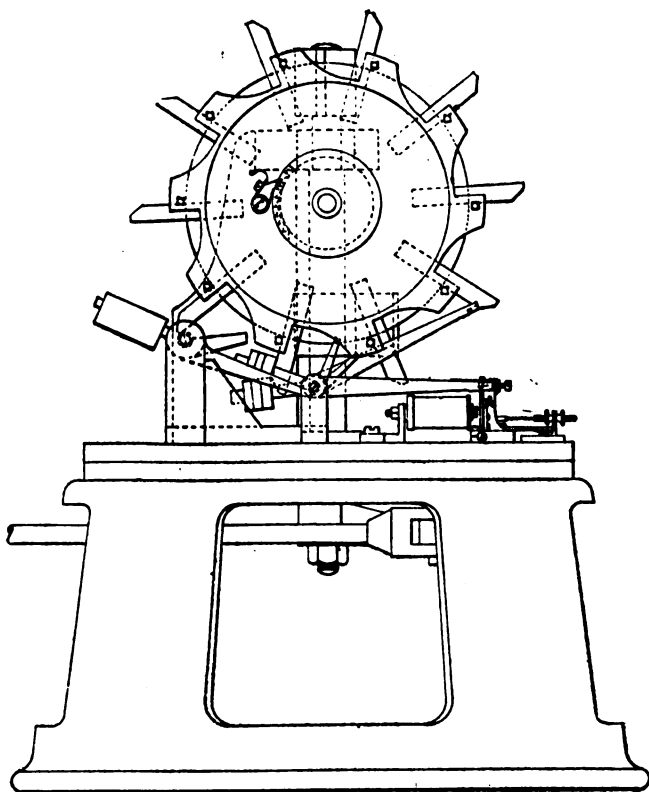
1° D'un arbre vertical (*fig. 2 et 3*) portant deux cames servant à lui imprimer les mouvements de rotation convenables; à la partie inférieure de cet arbre, on a placé une butée qui limite sa course à un quart de tour. *C'est cet arbre qui porte la poulie commandant la chaîne du disque ;*

2° D'une *roue portant cinq dents* d'une forme particulière, calée sur un *arbre horizontal* supportant d'autres pièces dont il sera parlé tout à l'heure; les cinq dents de cette roue concourent successivement au déplacement de l'arbre vertical du moteur, tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre; à cet effet, les deux cames de cet arbre *dont il a été question plus haut* sont placées l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure de la circonférence de la roue. Si une dent se présente devant la came supérieure, elle la pousse; pendant ce temps, la came inférieure se meut dans l'intervalle de deux dents. Au déclenchement suivant, au contraire, c'est la came inférieure qui est poussée, et la came supérieure se meut entre deux dents. La circonférence de la roue à cinq dents tourne de droite à gauche en haut

et de gauche à droite en bas ; il en résulte que les mouvements communiqués à l'arbre vertical par l'intermédiaire des cames sont alternativement de sens contraire.

Mécanisme d'enclenchement et de déclenchement. — L'arbre horizontal du moteur porte, outre la roue à cinq dents, dont il a été question ci-dessus, un *treuil à encliquetage* et une autre *roue à dix*

Fig. 2.



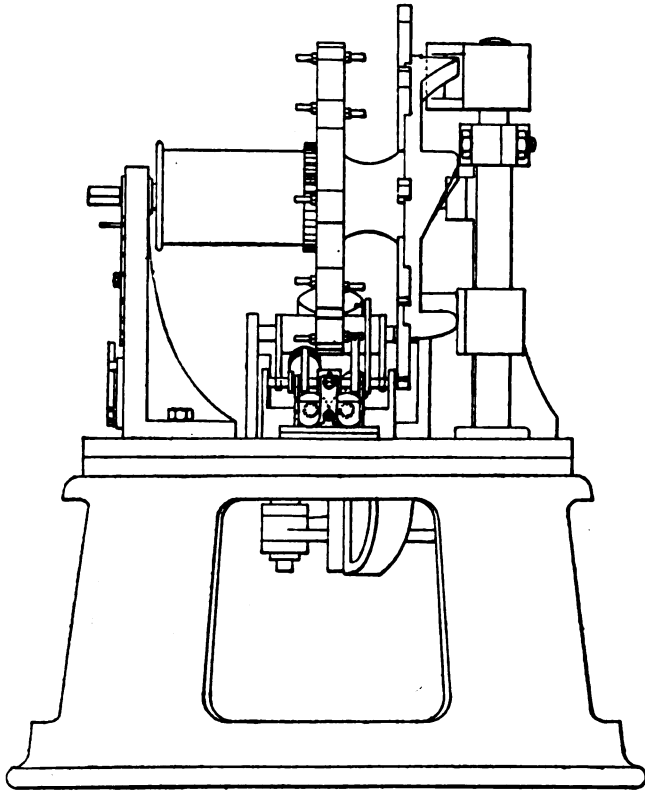
Mécanisme du moteur, vu de face.

dents ; ces dents, de forme trapézoïdale, servent à relever un *contre-poids* qui, à chaque déclenchement, est dégagé et permet à l'arbre horizontal de faire un dixième de tour. Dès que ce contre-poids a été relevé, *il cale tout le système* et empêche tout mouvement en avant comme en arrière.

Le déclenchement électrique est double, c'est-à-dire que l'armature porte deux crochets pouvant être en prise avec deux *leviers* rela-

tivement légers. L'un de ces leviers est en prise lorsque l'armature est au contact, l'autre lorsqu'elle est écartée; ils tendent tous deux à s'écarter de la position d'enclenchement sous l'action d'un contrepoids et fonctionnent exactement dans les mêmes conditions, c'est-à-dire que leur déplacement a pour effet de faire tourner d'un dixième de tour l'arbre horizontal.

Fig. 3.



Mécanisme du moteur, vu de côté.

Ces leviers sont alternativement réenclenchés par des goupilles implantées alternativement sur les deux faces de la roue à dix dents trapézoïdales.

C'est le déplacement de ces leviers qui permet l'échappement des contrepoids calants; cet échappement a été réalisé d'une façon très simple : l'arbre de pivotage des leviers est entaillé; lorsque le levier se relève, cette entaille se présente devant un bec solidaire du contrepoids calant et le laisse passer; si le levier est enclenché, le

bec repose, au contraire, sur la partie ronde, *non entaillée*, de l'arbre de pivotage, et se trouve ainsi retenu.

Sur le treuil est enroulée une corde métallique, au bout de laquelle est attaché le poids moteur.

Ajoutons, enfin, que la roue à cinq dents du moteur porte sur une de ses faces dix becs en bronze qui viennent s'appuyer tour à tour sur la partie ronde de l'arbre de pivotage du contrepoids calant; cet arbre est également entaillé. Lorsque le contrepoids s'abaisse, l'arbre tourne, l'entaille se déplace et laisse passer le bec de la roue à cinq dents.

Fonctionnement. — Suivons les différentes phases du déclenchement total et, pour cela, considérons le disque dans la position d'arrêt (voie fermée) : aucun courant ne passe dans les bobines de l'électro-aimant, un des leviers déclencheurs est relevé, l'autre est retenu par le crochet correspondant de l'armature.

Pour ouvrir le disque, c'est-à-dire pour le mettre à voie libre, on ferme le circuit, et :

a. L'armature de l'électro-aimant est attirée;

b. Le levier qui était retenu se trouve dégagé; il se relève, son arbre de pivotage tourne et son entaille dégage le bec du contrepoids calant;

c. Le contrepoids calant tombe, l'entaille de son arbre laisse passer un des dix becs de la roue à cinq dents;

d. L'arbre horizontal du moteur, entraîné par le poids, fait un dixième de tour, et, pendant qu'il exécute sa rotation, il se produit les effets suivants : la roue à cinq dents pousse l'une des comes de l'arbre vertical du moteur, cet arbre fait un quart de tour et entraîne dans son mouvement l'arbre du disque; la roue à dix dents trapézoïdales fait un dixième de tour, puisqu'elle est solidaire de l'arbre horizontal du moteur, et l'une de ses dents relève le contrepoids calant de telle sorte que le bec suivant de la roue à cinq dents rencontre la partie non entaillée de l'arbre de pivotage, et se cale.

L'une des goupilles implantées sur cette même roue à dix dents abaisse le deuxième levier déclencheur et le met en prise avec le crochet correspondant de l'armature de l'électro-aimant, ce qui a pour effet le calage du contrepoids calant, puisque l'arbre de pivo-

tage du levier présente sa partie non entaillée devant le bec de ce contrepoids.

Les choses sont ainsi remises en état : tout le système est calé et le disque revient à la position de *voie libre*.

Si l'on rompt le circuit, les mêmes effets se produiront, mais ils auront pour cause le déclenchement de l'autre levier ; la came actionnée sera différente et le disque se mettra à la position de *voie fermée*, parce que l'arbre vertical du moteur aura tourné d'un quart de tour en *sens inverse*.

Les phases du réenclenchement seront exactement les mêmes.

Nombre de manœuvres possibles. — A chaque déclenchement, l'arbre horizontal du moteur fait un dixième de tour ; un tour complet du treuil correspond donc à cinq ouvertures et cinq fermetures du signal. Le treuil ayant 0^m,10 de diamètre, un tour de corde exigera une longueur de 0^m,315 et la chute du poids sera à chaque déclenchement de

$$\frac{0,315}{10} = 0^m,0315.$$

Si le poids est mouflé une fois, la hauteur de chute ne sera plus que 0^m,0157.

Dans les essais faits à la Compagnie de l'Est, la corde était renvoyée par une poulie placée sur le sol et allait passer sur une autre poulie fixée au sommet de la colonne du disque, c'est-à-dire à une hauteur de 3^m. On obtenait ainsi, en raison du mouflage, un nombre de manœuvres égal à

$$\frac{3}{0,0157} = 191,$$

ce qui est plus que suffisant dans la plupart des cas, pour une période de vingt-quatre heures, si l'on suppose que l'on remonte le poids une fois par jour seulement.

Ce remontage n'entraîne d'ailleurs aucun frais de personnel, puisqu'il est fait par l'agent chargé d'éteindre et d'allumer la lanterne du signal.

On pourrait obtenir un plus grand nombre de manœuvres sans avoir à opérer de remontage ; il suffirait, en effet, de guider la descente du poids le long d'un poteau spécial suffisamment élevé ; on augmenterait encore ce nombre de manœuvres, si on le jugeait

nécessaire, en mouflant deux, trois ou quatre fois le poids moteur qui, bien entendu, deviendrait deux, trois ou quatre fois plus lourd.

Mais, nous le répétons, dans la plupart des cas le signal lui-même peut servir de support au poids moteur.

Causes de dérangements. — L'arbre horizontal du moteur porte un doigt qui entraîne une roue dentée analogue aux croix de Malte des appareils d'horlogerie; cette roue se déplace d'une dent à chaque tour du treuil, et elle porte une goupille qui *vient rompre le circuit* du fil de ligne lorsque le poids moteur est arrivé à fin de course. Le disque se met donc dans la position de voie fermée et la sonnerie du disque tinte constamment au poste de manœuvre. Il restera dans cette position jusqu'à ce qu'on soit venu remonter le poids.

Dans aucun cas les dérangements qui peuvent se produire ne compromettent la sécurité de la circulation; en effet :

1° *S'il y a perte du courant à la terre* et si cette perte est insignifiante, le disque fonctionnera, mais la pile se polarisera. Si, au contraire, la perte est complète, le circuit ne pouvant plus se fermer par l'électro-aimant, le courant ne passera pas dans le moteur et le disque se mettra dans la position de voie fermée; les trains pourront être arrêtés ou retardés, mais la sécurité ne sera pas compromise.

2° *Si la pile manque*, le disque se mettra encore à l'arrêt.

3° *S'il se produit une rupture du fil de ligne*, il y aura encore cessation de courant et le signal se mettra à l'arrêt. (C'est d'ailleurs ce qui se produit actuellement avec les disques mus mécaniquement lorsque le fil de traction vient à se rompre.) On est d'ailleurs prévenu à la gare de ces mises à l'arrêt intempestives par le tintement continu de la sonnerie de contrôle.

4° *Si la foudre brûle le fil de la bobine de l'électro-aimant* (bien que le moteur soit muni d'un paratonnerre), le disque se mettra encore dans la position de voie fermée.

5° Si des courants atmosphériques trop faibles pour détériorer l'appareil circulent dans les bobines de l'électro-aimant, leur durée sera dans tous les cas très courte. Si le disque est à l'arrêt, le courant atmosphérique pourra, en attirant l'armature de l'électro, produire un déclenchement qui mettra le disque à voie libre; mais, dès que l'influence de ce courant aura cessé, c'est-à-dire une ou deux

secondes après, le disque se replacera à l'arrêt. Si, au contraire, le disque était à voie libre, l'électricité atmosphérique, si elle est de sens contraire à celle de la pile, pourra combattre un instant l'action de celle-ci et produire un déclenchement qui mettra le signal à l'arrêt; mais, aussitôt que le courant atmosphérique aura cessé d'agir, le signal se tournera à voie libre.

6° *La corde peut se rompre et le poids moteur tombe.* Dans ces conditions, le disque ne pourra plus être manœuvré.

S'il est à l'arrêt, il y restera, ce qui n'offre aucun inconvénient au point de vue de la sécurité.

S'il était à voie libre au moment où la rupture de la corde vient à se produire, on peut, grâce à une disposition fort simple, le forcer à se *remettre immédiatement à l'arrêt*; en quittant le treuil, la corde passe sur une poulie de renvoi fixée sur le sol et se dirige ensuite au sommet du disque ou *d'un poteau spécial*, où elle passe sur une nouvelle poulie. La poulie inférieure est articulée dans une chape qui porte un contrepoids tendant à mettre le disque à l'arrêt. Lorsque la corde est en bon état et que le poids moteur la tend, elle opère une traction sur la poulie inférieure articulée et maintient le contrepoids relevé; si cette corde vient à casser, le contrepoids est libre de s'abaisser et le disque est immédiatement mis à l'arrêt.

Toutes les précautions sont donc bien prises et tous les cas de dérangements ont été prévus.

Manœuvre des disques à plusieurs transmissions. — La manœuvre d'un signal peut se faire de différents points: il suffit pour cela d'intercaler sur le fil de ligne autant d'interrupteurs qu'il y a de postes de manœuvre. Le signal ne se mettra à *voie libre* qu'autant que ces interrupteurs *seront tous sur contact*, c'est-à-dire qu'autant que le courant fourni par la pile trouvera un circuit fermé. Le modèle d'interrupteur adopté par la Compagnie de l'Est est essentiellement robuste, et il a été combiné de façon à pouvoir être placé dans un abri en tôle galvanisée fixé sur le poteau qui supporte déjà la sonnerie trembleuse de contrôle.

Cet interrupteur se compose d'une forte poignée de bronze portant un contact à ressort qui glisse sur des pièces de cuivre, de manière à produire un décapage à chaque manœuvre.

La manœuvre automatique du disque, par suite du changement

de position des aiguilles, a également été réalisée d'une façon très simple : le levier d'aiguille guide une tringle qui déplace un contact à ressort et rompt ainsi le circuit, ce qui a pour effet de mettre le disque à l'arrêt, ainsi qu'il a été expliqué plus haut.

Congrès international des Électriciens.

Nous rappelons aux intéressés que la séance d'ouverture du Congrès international des Électriciens aura lieu le 24 août 1889, à 10^h du matin, dans la salle des Conférences du Trocadéro.

La durée du Congrès est de huit jours.

Des excursions seront organisées pendant cette période pour visiter différentes industries d'Électricité.

Programme des Conférences-Promenades à l'Exposition universelle de 1889 ⁽¹⁾.

Jeudi 4 juillet. — *Appareils de mesure de précision*, par M. D. NAPOLI.

Mardi 9 juillet. — *Accumulateurs*, par M. SARCIA.

Jeudi 18 juillet. — *Appareils de mesures industrielles*, par M. ED. HOSPITALIER.

Mardi 23 juillet. — *Électricité appliquée à la Télégraphie militaire et à la Balistique*, par M. le Capitaine DE PLACE.

Jeudi 25 juillet. — *Applications aux Chemins de fer*, par M. G. DUMONT.

Mardi 30 juillet. — *Moteurs et transmission de force*, par M. A. BOCHET.

Jeudi 1^{er} août. — *Téléphonie*, par M. B. DE LA TOUANNE.

Mardi 6 août. — *Machines à courant continu*, par M. R. ARNOUX.

Jeudi 8 août. — *Électricité appliquée à la Guerre et à la Marine*, par M. P. LEMONNIER.

Mardi 13 août. — *Machines à courant alternatif*, par M. R.-V. PICOU.

(1) Ce programme a été envoyé en temps utile à tous les sociétaires, avec indication des heures et lieux de réunion.

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. Prix proposés par la Société d'Encouragement. — II. Rapide transit. — III. Éclairage électrique des boulevards: — IV. Le concours des compteurs électriques de la Ville de Paris. — V. Préparation de la cellulose par l'électrolyse. — VI. Séparateur Edison pour minerais magnétiques. — VII. Téléphone électromagnétique Zigang.

I. Prix proposés par la Société d'Encouragement. — La Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale vient d'établir le programme des prix qu'elle décernera en 1890. Nous en extrayons la liste suivante :

Pour un petit moteur destiné à un atelier de famille fonctionnant isolément ou rattaché à une usine centrale	3000 ^{fr}
Pour le moyen de transporter à grandes distances les forces mécaniques naturelles.	3000
Pour la préparation industrielle de l'ozone et pour ses applications.....	2000
Pour la découverte d'un nouvel alliage utile aux arts.....	1000
Pour la découverte de procédés capables de fournir, par des transformations chimiques quelconques, des espèces organiques utiles, telles que la quinine, le sucre de canne, etc.	4000
Pour la fabrication courante d'un acier ou fer fondu doué de propriétés spéciales utiles, par l'incorporation d'un corps étranger.....	3000
Pour une application utile de métaux peu employés jusqu'ici dans l'industrie....	4000
Pour la préparation artificielle du diamant noir compact.....	3000
Pour l'étude scientifique d'un procédé industriel dont la théorie est encore imparfaitement connue.....	3000
Pour la conservation des récoltes végétales, telles que pommes de terre, oignons, etc.....	1000
Pour le meilleur instrument permettant de mesurer facilement le travail des machines agricoles.....	3000

Les modèles, Mémoires, descriptions, renseignements et pièces destinés à constater les droits des concurrents pour l'année 1890, devront être remis au Secrétariat de la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, à Paris, avant le 1^{er} janvier 1890; ce terme est de rigueur.

II. Rapide transit. — Le *Sun* américain dit que « quatre inventeurs, hommes d'expérience appuyés par des capitaux sérieux, travaillent chacun de leur côté à la solution du problème du transit électrique rapide. Les résultats seraient grands et faciles à apercevoir. L'idée principale est que le transport des petits paquets au moins (sinon des marchandises, en général, et même des passagers) à une vitesse de 200^{km} à 300^{km} à l'heure est considérée par les électriciens pratiques comme fondée en théorie et aisée en application. Les difficultés sont purement de détail, et c'est à les résoudre que les inventeurs appliquent leur ingéniosité. »

Il ne serait nullement étonnant que les Américains, avec leur esprit d'entreprise bien connu, arrivassent bons premiers à obtenir des résultats pratiques dans cette voie. Il est certain que les services postaux, tout au moins, réaliseraient ainsi un progrès énorme et que c'est là que le transit rapide trouverait, sans doute, sa plus brillante application.

Avant que cette invention revienne sur le continent sous un nom américain, serait-il permis de rappeler que des études très complètes ont été faites et publiées en France sur cette question ?

III. Éclairage électrique des boulevards. — Les boulevards et la rue Royale, de la place de la République à la place de la Concorde, sont actuellement éclairés par des foyers à arcs, qui fonctionnent de 8^h 30^m du soir à 2^h du matin. Sur toute la ligne des boulevards, ces foyers sont placés sur des candélabres installés sur des refuges, distants de 40^m environ l'un de l'autre, établis au milieu de la chaussée. Quelques lampes sont placées sur les côtés pour éclairer des points particuliers. Rue Royale, les lampes ont été disposées à la fois sur des refuges et sur les trottoirs, au milieu et sur les côtés de la rue.

Toutes ces lampes fonctionnent sous un courant de 10 ampères.

Cet éclairage a été installé en exécution de la décision prise dans la séance du 3 avril par le Conseil municipal, qui avait voté, le 31 décembre de l'année dernière, un crédit de 200000^{fr} pour éclairer électriquement une partie des boulevards pendant l'Exposition.

La ligne des voies à éclairer étant comprise dans les secteurs précédemment concédés à trois Compagnies pour y effectuer la distribution de l'électricité, c'est avec ces Compagnies que l'Administration a traité pour l'éclairage temporaire des boulevards.

Ce sont :

- 1° La Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité ;
- 2° La Compagnie continentale Edison ;
- 3° La Compagnie parisienne de l'air comprimé.

Nous allons exposer sommairement les dispositions prises par chacune de ces Compagnies pour atteindre le but qui leur était proposé.

La Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité ayant à alimenter 28 lampes, réparties de la place de la République à la porte Saint-Denis, installa tout de suite le réseau de la partie correspondante de son secteur. La distribution est faite au moyen d'un réseau à deux conducteurs maintenus sensiblement en tous les points, à une différence de potentiel de 100 volts environ, au moyen de feeders ou artères, qui, partant des usines, vont atteindre les points convenables du réseau. Des plombs de sûreté et des interrupteurs permettent d'isoler les divers éléments du réseau, de manière à localiser les effets d'un accident. Les câbles sont nus et placés sur des isolateurs en porcelaine dans des caniveaux en béton. Dans les passages étroits, occupés par des conducteurs nombreux, on a dû employer des câbles sous plomb.

Cette partie du secteur est desservie par deux usines, situées l'une rue de Bondy, l'autre rue des Filles-Dieu.

Les lampes à arc, construites par la maison Henrion, sont montées deux par deux en tension sur ce réseau.

La Compagnie continentale Edison dessert, de son usine du faubourg Montmartre, 34 lampes sur les boulevards Bonne-Nouvelle, Poissonnière, Montmartre et des Italiens, 4 lampes sur la place de l'Opéra.

Comme la Société précédente, cette Compagnie a installé tout de suite, dans la partie à éclairer, le réseau définitif destiné à l'alimentation de son secteur. Le mode de distribution, étudié dans ce but par M. Clerc, comporte l'installation de deux boucles à 100 volts sous chaque trottoir. Ces boucles, à câbles coniques, sont réunies entre elles

à leurs deux extrémités et alimentées par deux dynamos, de façon à réaliser une distribution sous potentiel constant en tous les points, et à réduire le poids du cuivre par un procédé analogue à celui des trois fils d'Edison.

Avec cette disposition, le nombre des conducteurs principaux, placés sous chaque trottoir, ne dépasse jamais trois.

Les câbles, en bronze siliceux, sont nus et supportés par des isolateurs placés dans des caniveaux en sable aggloméré, de 0^m,37 de haut, 0^m,55 de large, avec des parois de 0^m,10 d'épaisseur.

Les lampes, construites par la maison Henrion, sont du système Pilsen et fonctionnent par deux en tension.

L'installation de la Compagnie parisienne de l'air comprimé comprend 8 lampes sur la place de l'Opéra, 11 lampes sur les boulevards des Capucines et de la Madeleine, 7 sur la place de la Madeleine, 14 rue Royale; soit, en tout, 40 lampes.

Les machines et les lampes employées sont du système Thomson Houston. Les lampes étant montées en tension, la canalisation comporte des câbles d'assez faible section. Le potentiel pouvant atteindre 2000 volts, on a dû isoler complètement les conducteurs.

Les câbles employés sont isolés par une toile caoutchoutée, une couche de gutta-percha, et sont protégés par une enveloppe en plomb; ils sont placés dans des conduites en fonte de 0^m,20 de diamètre.

En résumé, l'éclairage des boulevards est fait actuellement par 105 régulateurs à arc de 10 ampères, donnant chacun une puissance lumineuse d'environ 100 carcels; soit, pour l'ensemble, 10500 carcels, ce qui exige à peu près une puissance mécanique de 100 chevaux-vapeur.

IV. Le concours des compteurs électriques de la Ville de Paris. — La première réunion de la Commission nommée par la Ville de Paris pour juger les compteurs présentés au concours s'est réunie pour la première fois le 12 juin. Les concurrents sont au nombre de vingt-sept, mais dix-huit seulement ont envoyé un ou plusieurs appareils. Les autres concurrents n'ont présenté que des projets, des dessins ou des photographies. Une bonne moitié des appareils présentés ont un caractère d'absolue nouveauté, et le premier examen sommaire qui en a été fait ne permet pas de porter encore un jugement sur la valeur d'ensemble de ce concours. (*L'Électricien.*)

V. Préparation de la cellulose par l'électrolyse. — Quand on traite le bois ou toute autre substance analogue par un acide, on dissout les matières minérales qui constituent la charpente de la fibre, et la cellulose se précipite.

Mais, dans cet état, elle est souillée par des composés organiques colorés, de constitution complexe, désignés sous le nom de produits *ulmiques*, qui nécessitent une purification, un blanchiment si l'on veut obtenir de la cellulose blanche.

L'électrolyse permettrait, paraît-il, de préparer du premier jet une cellulose exempte d'impuretés, en même temps que l'agent qui l'a séparée de la fibre végétale se régénérerait en partie.

Deux vases communiquants sont remplis de bois en menus morceaux, baignés dans une solution aqueuse à 5 pour 100 de chlorure de sodium (sel de cuisine); l'un de ces vases contient l'anode, l'autre la cathode, et le tout est maintenu à la température de 120° C.

Sous l'action du courant électrique, le chlorure de sodium se décompose en chlore

qui se rend à la cathode, et en soude qui se porte à l'anode. Le chlore naissant donne naissance aux acides chlorhydrique et hypochloreux, dont le rôle peut être ainsi défini : le premier dissout les matières minérales et précipite la cellulose impure, le second (acide hypochloreux) la décolore en oxydant les produits ulmiques, et se transforme en acide chlorhydrique qui, saturant la soude libre, régénère le chlorure de sodium.

Comme il est bon de soumettre la cellulose ainsi préparée à l'action d'un alcali, on renverse le sens du courant, qui change les réactions produites dans chacun des vases.

Un simple lavage à l'eau acidulée termine la préparation de la cellulose, qui se présente en fibres blanches et soyeuses.

Il nous semble que la température de 120° à laquelle s'opère la réaction doit causer une diminution du rendement, car il doit se former du glucose par la réaction de l'acide sur la cellulose, réaction du reste trop connue pour qu'il soit nécessaire d'insister.

VI. Séparateur Edison pour minerais magnétiques.— Il existe, en Chimie, un moyen mécanique de séparer les particules de fer ou d'acier qui peuvent se rencontrer accidentellement dans les essais de métaux autres que ceux dénommés ci-dessus, bien entendu.

Ces particules proviennent soit de l'outil employé pour les réduire en limailles, soit de toute autre source.

Il est nécessaire, dans ce cas, pour éviter toute cause d'erreur, d'éliminer ces corps étrangers ; pour cela, on promène dans le métal à l'état de copeaux un aimant qui fait office de séparateur en enlevant le fer et l'acier étrangers au corps à traiter. C'est ce procédé, appliqué en grand, que nous allons décrire, mais avec cette différence que la séparation se fait à distance, ainsi que nous allons le voir.

En effet, M. Edison vient de mettre la dernière main à son séparateur pour minerais magnétiques, disposé maintenant pour fonctionner d'une façon continue ; c'est du moins ce qu'affirme l'*Electrical Review* de New-York, auquel nous empruntons les détails qui suivent.

Le minerai, déjà grossièrement concassé, est élevé au moyen d'une noria jusqu'à une plate-forme où se trouvent des concasseurs, et alimente ces derniers qui fonctionnent incessamment.

A la sortie des concasseurs, les produits, contenant en poudre fine la gangue et le minerai, tombent dans un tamis animé d'un mouvement de rotation et par les mailles duquel s'échappent les poussières, pendant que les particules solides arrivent aux godets d'une seconde noria qui les élève jusqu'au séparateur.

Le séparateur se compose d'une caisse en forme de V dont le fond possède une ouverture réglable à volonté, et au-dessous, un peu en dehors du plan vertical médian de la caisse, sont disposés deux gros électro-aimants, dont la position peut être modifiée suivant les besoins et qui sont actionnés par une petite dynamo.

On comprend facilement ce qui se passe : le mélange de gangue et de minerai tombe de la caisse en une nappe large et plate et les électro-aimants attirent les particules magnétiques. La nappe se sépare donc en deux autres, l'une qui continue à s'écouler verticalement, l'autre qui tombe obliquement.

Une cloison placée sur la plate-forme de réception sépare les deux courants et permet de recueillir les produits. Des deux aimants, il y en a un disposé en retrait par rapport au premier, de façon à prolonger l'attraction et à assurer, autant qu'il est possible, la séparation complète de la gangue et du minerai.

Le fonctionnement de l'appareil est connu et l'emploi des norias le rend automatique; il traite de très importantes quantités de minerais à peu de frais et fournit un produit très pur pour les fourneaux de fusion, ou pour les mélanges dans les fours à *puddler*.

VII. Téléphone électromagnétique Zigang. — Le capitaine Zigang a conclu d'une série d'expériences que :

Lorsqu'un courant voltaïque ondulatoire agit sur un diaphragme téléphonique par l'intermédiaire d'un électro-aimant à noyaux de fer doux, les courants obtenus sont, jusqu'à une certaine limite, d'autant plus intenses et plus nets que le diaphragme est plus élastique et d'un diamètre plus réduit.

C'est sur ces principes qu'il a établi le téléphone dont voici la description.

Un électro-aimant de 1^{mm},5 de diamètre de noyaux de fer doux est soumis à l'action magnétisante de deux bobines de fil de $\frac{1}{10}$ à $\frac{2}{10}$ de millimètre de section. Les spires sont recouvertes d'une couche épaisse de vernis à la gomme laque, leur assurant une rigidité complète. Ce dernier point a pour résultat d'annuler les vibrations longitudinales qui empêcheraient les pôles d'agir efficacement sur l'armature. Les extrémités de l'électro-aimant sont fixées dans une plaque de cuivre faisant fonction de support, et d'une épaisseur suffisante pour empêcher les vibrations moléculaires, produites par les aimantations et les désaimantations du noyau magnétique, de se communiquer à la monture.

Le diaphragme est en paillon de cuivre argenté, de $\frac{3}{100}$ de millimètre d'épaisseur sur 18^{mm} de diamètre; il porte en son milieu un petit rectangle de fer doux de $\frac{1.5}{100}$ de millimètre d'épaisseur. Ce rectangle forme l'armature et a pour dimensions l'écartement et le diamètre des pôles de l'électro-aimant.

La partie vibrante a un diamètre de 15^{mm} et sa distance aux pôles de l'électro-aimant est telle qu'il ne se produit pas de contact quand le courant ondulatoire passe dans les bobines.

Cet appareil ne fonctionne qu'en circuits primaires avec des courants voltaïques dont les variations d'intensité sont engendrées par un microphone à charbon.

La résistance de ces récepteurs pour usages domestiques est de 3 à 4 ohms, ce qui est suffisant pour correspondre avec une ligne de 40 ohms de résistance, quand à chaque poste 3 éléments Leclanché sont en circuit.

Il posséderait sur les téléphones magnétiques l'avantage d'être moins sensible aux actions d'induction provenant de circuits voisins. (*Bulletin international.*)

BIBLIOGRAPHIE.

Électricité industrielle. — Production et applications (Cours professé à l'École Centrale des Arts et Manufactures), par D. MONNIER, Ingénieur.

Ce Livre, qui a été offert à la Société internationale des Électriciens par son auteur, Membre du Comité de cette Société, n'est autre que le développement d'une publication à tirage restreint, que nous avons eue entre les mains il y a deux ans et qui était destinée à faciliter aux élèves de l'École Centrale l'étude des matières traitées dans le Cours de M. Monnier.

Ce *Traité* est actuellement le plus complet que nous possédions, et concerne non seulement l'ensemble des procédés de l'Électricité industrielle et des théorèmes généraux dont on ne peut séparer l'étude des applications générales, mais encore les procédés photométriques en usage dans les usines d'éclairage quelles qu'elles soient. La compétence particulière de M. Monnier, qui a créé et dirige encore le laboratoire du Syndicat des industries du gaz, donne au Chapitre XVI de son Ouvrage, qui traite de la Photométrie en général, une valeur toute spéciale.

Afin de montrer quelle est l'étendue des matières traitées dans cet Ouvrage, ainsi que l'ordre suivant lequel les a analysées l'auteur, nous ne pouvons mieux faire que de citer les titres des Chapitres successifs :

- CHAP. I. — Théorèmes généraux.
- CHAP. II. — Champ magnétique.
- CHAP. III. — Induction électromagnétique.
- CHAP. IV. — Unités magnétiques et électriques.
- CHAP. V. — Mesures magnétiques et électriques.
- CHAP. VI. — Machines électromagnétiques.
- CHAP. VII. — Étude expérimentale des machines.
- CHAP. VIII. — Régulation et couplage des dynamos.
- CHAP. IX. — Calcul des machines dynamos.
- CHAP. X. — Transformateurs à courants alternatifs.
- CHAP. XI. — Production de l'électricité par la chaleur et les actions chimiques.
- CHAP. XII. — Canalisation électrique.
- CHAP. XIII. — Accumulateurs.
- CHAP. XIV. — Électrolyse. Métallurgie électrique.
- CHAP. XV. — Transmission électrique de la force.
- CHAP. XVI. — Éclairage électrique. — Photométrie.
- CHAP. XVII. — Distribution de l'énergie électrique. Tables numériques. Annexes.

Nous ne pouvons que renvoyer au Livre de M. Monnier les personnes intéressées qui n'auraient pu faire elles-mêmes le choix ou l'étude des matières traitées dans les différents Chapitres que nous venons d'énoncer.

Elles y trouveront un enseignement clair et un exposé simple de ce que tout électricien doit posséder avant d'entreprendre avec fruit une étude quelconque des applications multiples de l'Électricité.

Nouvelles Tables de logarithmes à cinq et à quatre décimales. — Paris, Imprimerie Nationale, 1889.

Ce Recueil, édité par le Service géographique de l'armée pour remplacer les Tables décimales de Borda, actuellement épuisées, renferme une série de Tables de logarithmes à cinq et à quatre décimales qui sont principalement utiles aux géodésiens, aux géomètres et aux astronomes. Il contient en particulier les logarithmes des lignes trigonométriques dans les deux systèmes de la division centésimale et de la division sexagésimale du quadrant.

Un Recueil de ce genre se distingue surtout par les avantages qu'il offre au calculateur pour diminuer les chances d'erreur et la fatigue. On a cherché à réaliser dans celui-ci tous les perfectionnements qui permettent d'atteindre ce but. Il y a lieu de signaler les deux suivants : les caractères sont d'un type nouveau, et leur disposition dans les nombres ne peut laisser place à la confusion. Le papier a été teinté pour amortir sur les yeux l'effet de la lumière réfléchié ; il est légèrement jaune pour toutes les

Tables, sauf pour les logarithmes à cinq décimales des lignes trigonométriques dans le système sexagésimal, pour lesquels on a adopté la teinte bleue, afin de les faire reconnaître de suite dans le Volume.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

- BANDSEPT** (Albert). *Inducteurs dynamo-électriques (aéro, hydro et pyro-électriques)*. 1 petite broch. in-8; Bruxelles, C^{ie} Imprimerie belge, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- *Système de traction électrique pour voies étroites à profils en courbes et rampes très prononcées*. 1 petite broch. in-8; C^{ie} Imprimerie belge, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- KREBS** (Dr A.). *Notice sur les orages de Hambourg, de 1778 à 1887*. 1 petite broch. in-8; Stuttgart, J. Maur, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- MEYER** (Bernard). *Système d'appareil télégraphique automatique universel*. 1 petite br. in-8; Berne, Rieder et Simmen, 1889. (*Don de M^{me} V^{ve} Meyer.*)
- MONNIER** (D.). *Électricité industrielle. Production et applications*. 1 vol. in-8; Paris, Baudry et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- SERVICE GÉOGRAPHIQUE DE L'ARMÉE**. *Nouvelles Tables de logarithmes à cinq décimales*. 1 vol. in-8; Paris, Imprimerie nationale, 1889. (*Don de MM. Gauthier-Villars et Fils.*)
-

Rectifications à la Liste générale des Membres de la Société

(20 avril 1889).

- Page 211, ligne 14, lire **Bouillard** (Georges-Léon-Émile), Ingénieur des Arts et Manufactures, 9, rue de Siam, à Paris.
- » 211, » 17, » **Bouquet** (R.-P.), Ingénieur des Arts et Manufactures, 4, rue Larribe, à Paris.
- » 211, » 32, » **Bouvier** (Adolphe), Ingénieur des Arts et Manufactures, Licencié ès Sciences physiques, 65, cours d'Herbouville, à Lyon (Rhône).
- » 212, » 17, » **Brylinski** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 40, rue Vaneau, à Paris.
- » 215, » 28, » **Conti** (A.-E.), via Saint-Ugon, 4, à Gênes (Italie).
- » 217, » 27, » **Dierman** (William), Ingénieur électricien, Ingénieur civil, 54, place Saint-Charles, à Paris.
- » 217, » 38, » **Dommer** (F.), 34, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, à Paris.
- » 236, » 16, » **Porte** (L.), 9, rue Ancolle, à Neuilly-sur-Seine (Seine).
- » 240, » 16, » **Silberling** (E.), Inspecteur des Postes et des Télégraphes, à Lyon (Rhône).
-

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

La *quarante-huitième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 6 Novembre 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS
ET
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

Réunion du Vendredi 23 Août 1889.

PRÉSIDENTE DE SIR WILLIAM THOMSON

ASSISTÉ AU BUREAU DE

MM. T.-A. EDISON
W.-H. PREECE
SIR DOUGLAS GALTON
J. CARPENTIER

MM. LE COLONEL SÉBERT
LE PROF. D.-E. HUGHES
E. MASCART
EDWARD GRAVES

et des Membres anglais et français des Bureaux des deux Sociétés.

M. le colonel H. SEBERT, *Président de la Société internationale des Électriciens*. — « Messieurs, j'ai tenu à prendre le premier la parole pour dire, dès le début de cette séance, combien la *Société internationale des Électriciens* est heureuse de recevoir aujourd'hui

les membres de l'*Institution des Ingénieurs électriciens de la Grande-Bretagne* et les hôtes illustres qu'ont attirés à Paris notre Exposition universelle et l'ouverture du Congrès d'électricité.

» Notre Société n'a pas oublié que les Ingénieurs télégraphistes de Londres ont les premiers fondé une Association d'électriciens, montrant ainsi la foi qu'ils avaient dans l'avenir de cette branche nouvelle des sciences, qui allait prendre subitement un élan si rapide.

» Elle n'a pas oublié que les travaux des savants que cette Association a su grouper autour d'elle ont été le point de départ de cette évolution qui a fait sortir l'industrie des applications électriques de la voie de tâtonnements et d'hésitations où elle était restée si longtemps engagée.

» D'autres que moi rappelleront, je pense, la part qu'ils ont prise au Congrès de 1881 et qui nous promet le concours le plus précieux pour celui qui va s'ouvrir.

» La Société internationale des électriciens s'est fondée à l'exemple de la Société des ingénieurs télégraphistes, devenue aujourd'hui l'*Institution des ingénieurs électriciens de la Grande-Bretagne*. Elle se donne encore maintenant pour modèle ces discussions si intéressantes et si fécondes qui signalent les séances de cette Institution : aussi tient-elle à saluer tous ses membres avec une sympathique reconnaissance.

» Je dois aussi saluer en son nom les autres électriciens de tous les pays que l'annonce d'un nouveau Congrès d'électricité a appelés parmi nous, et entre tous celui qui a porté le plus loin le renom de la science nouvelle et dont les découvertes, en reculant les limites du merveilleux et de l'impossible, ont habitué l'humanité à attendre ou même à réclamer de l'électricité tous les miracles.

» Messieurs, au nom de la *Société internationale des électriciens*, je souhaite la bienvenue la plus cordiale aux savants de tous les pays réunis en ce moment à Paris, à l'illustre Edison que nous avons le plaisir de voir à cette séance, aux ingénieurs électriciens de la Grande-Bretagne et au savant éminent qui a bien voulu se mettre à leur tête pour nous donner le témoignage des sentiments de confraternité qui unissent les électriciens de France et d'Angleterre. »

(*Applaudissements.*)

SIR WILLIAM THOMSON, *Président de l'Institution des Ingénieurs électriciens de Londres*. — « Messieurs, je dois tout d'abord vous exprimer ma reconnaissance bien sincère pour la bienveillance de votre accueil, de laquelle je suis très touché.

» Au nom de mes Collègues anglais, je dois aussi vous remercier et vous exprimer toute l'estime qu'ils professent pour la contribution de la France au progrès des Sciences et de leurs applications industrielles, qui se manifeste si vivement dans les Congrès et les Expositions.

(L'orateur s'excuse de son inexpérience de la langue française, et continue en anglais dans ces termes) :

» L'Exposition et le Congrès qui va s'ouvrir sont une continuation de l'œuvre de 1881.

» L'Exposition d'électricité de 1881, qui a eu l'éclat et le succès caractéristiques des Expositions françaises, donna un exemple qui fut suivi immédiatement par les autres nations.

» On eut successivement : en Angleterre, l'Exposition au Crystal-Palace, en 1881-1882; celle de Munich, en 1882; la grande Exposition de Vienne, en 1883; et, dans toutes celles qui se sont succédé depuis, l'électricité s'est fait une large part.

» Mais celle de 1881 fut unique et caractéristique par les efforts faits et les progrès réalisés dans l'ordre des applications. Elle a été véritablement un monument dans l'histoire de l'avancement de la Science.

» Je ne puis oublier, pour ma part, les circonstances dans lesquelles je vis pour la première fois la machine Gramme. Ce fut dans la salle des lectures du professeur Thomas Andrews, en 1881.

» Sur la table figuraient deux machines de Gramme : l'une fonctionnant comme génératrice, l'autre comme moteur. L'expérience montrait que ces machines promettaient d'avoir une véritable utilité pratique, et vous savez comment ces promesses ont été tenues depuis.

» La machine Gramme fut le premier exemple d'une machine électrique remplissant les conditions qui la rendaient capable d'une production pratique et industrielle.

» Je me rappelle aussi avoir vu figurer à cette Exposition de 1881 la machine Siemens destinée à l'électrolyse du cuivre, et aussi la

grande machine d'Edison, si remarquable par ses dimensions qui la rendaient propre à la production de la quantité de travail électrique considérable que nécessite la distribution de la lumière électrique dans les villes à l'aide des usines centrales.

» Le téléphone de Graham Bell et d'Edison nous a aussi étonné et charmé à cette Exposition, où il permettait d'entendre les pièces qui se jouaient sur les scènes de l'Opéra et du Théâtre-Français.

» Encore dans cette Exposition figurait la batterie secondaire de Faure, cet heureux perfectionnement de la belle découverte de Planté. Cette batterie effectuait un travail que nulle autre, primaire ou secondaire, n'avait pu encore produire, en débitant le courant considérable que nécessite l'éclairage électrique fait en grand.

» Aussi cette Exposition de 1881 fut, par elle-même, un monument qui ne sera pas surpassé.

» Mais il y a plus : en même temps se réunissait, sous la présidence de M. Cochery et avec l'assistance de M. Dumas, la Conférence internationale de 1881. L'œuvre de celle-ci fut achevée par la Conférence de 1882 où furent définitivement fixées les unités et les dénominations qui constituaient les bases de la mesure de l'électricité, et formaient les bases de son langage spécial.

» La création de termes spéciaux pour définir et mesurer les quantités électriques ne fut pas le moindre bénéfice qui résulta de ces travaux. La science électrique devint accessible, non plus seulement aux seuls savants, mais aussi aux ouvriers qui ont bien saisi et compris le volt, l'ampère, le farad et en ont fait des termes dérivés, tels que *voltage*, qui est aujourd'hui d'un usage courant. Ainsi est venu dans le domaine pratique ce qui était avant 1881 renfermé dans celui des pures Mathématiques, et l'on ne saurait exagérer l'importance, au point de vue du progrès des applications, de dénominations claires et simples appliquées aux quantités électriques.

» Dans l'énumération des révélations de l'Exposition de 1881, j'allais oublier de signaler la lampe à incandescence. Nous vîmes là les lampes à filament d'Edison et de Swan. Elles figuraient déjà complètes et pratiques. La valeur de l'invention était affirmée, il ne restait qu'à perfectionner.

» Je veux parler aussi de la lampe à arc. Il me semble que ce

serait une erreur de croire que l'arc doit disparaître devant l'envahissement des lampes incandescentes.

» Ces dernières, avec les travaux d'Edison et de Lane-Fox, apportèrent la solution du problème de la subdivision de la lumière électrique. Vous vous souvenez de l'importance qu'avait prise ce problème et combien il occupait les esprits en 1881, où il fut complètement résolu par la lampe incandescente. On voulait disposer de lampes de faible puissance, faciles à allumer, à éteindre et à rallumer encore, n'exigeant aucun entretien, en un mot répondant à tous les besoins de l'éclairage domestique.

» Mais il me semble que les lampes incandescentes qui atteignent une puissance lumineuse de 50, 100, 200 bougies, constituent un véritable anachronisme.

» La lampe à arc voltaïque est une invention française (1) qui remonte à 1841, année où Foucault et Soleil construisirent le premier régulateur de lumière électrique. C'est dans l'atelier même de Duboscq et de Soleil, dans une petite rue voisine de la place de l'Odéon, que j'ai pu voir, en 1848, cette première lampe.

» Perfectionnée ensuite, elle fut employée dans les phares. Les perfectionnements de M. Serrin la rendent parfaite pour cet usage, surtout lorsqu'elle est associée à la machine de M. de Méritens, machine que j'ai vue, pour la première fois, je crois, en 1878, à Paris, et retrouvée à l'Exposition de 1881.

» Tels sont, Messieurs, les progrès qui, figurant dans cette Exposition de 1881, en ont fait ce que j'ai appelé tout à l'heure, un monument dans l'histoire de la Science.

» (*En français*). Je conclus ici, Messieurs, pour ne pas lasser votre patience. Je veux seulement vous exprimer en terminant, au nom de mes collègues et au mien, tout le plaisir que nous prenons à revenir ici participer aux travaux du Congrès de 1889. » (*Applaudissements.*)

M. E. MASCART, *Président du Comité d'organisation du Congrès international des Électriciens*. — « Messieurs, le Comité d'organisa-

(1) En Angleterre, Staité combina à la même époque, et indépendamment, un modèle de lampe à arc voltaïque.

tion du Congrès que j'ai l'honneur de représenter encore dans la séance actuelle a terminé sa tâche ; les quelques instants dont nous pouvons prolonger son existence me laissent la mission agréable d'adresser en son nom nos plus vifs remerciements à l'Institution des Ingénieurs électriciens de Londres et à son illustre Président, pour l'empressement avec lequel ils ont répondu à notre invitation.

» Le concours de Sir W. Thomson, notre maître à tous, est particulièrement précieux ; c'est un sûr garant de l'autorité qui s'attachera aux discussions et aux délibérations du Congrès.

» Sa présence au fauteuil rendrait trop délicate l'expression sincère de notre admiration pour ses travaux et de notre respect affectueux pour sa personne ; mais il nous est permis, sans offusquer sa modestie, de rappeler ici une page d'histoire contemporaine. C'est sous l'heureuse inspiration de Sir W. Thomson que l'Association Britannique pour l'avancement des Sciences prit l'initiative d'une réforme devenue nécessaire dans le langage et les traditions des physiciens, pour créer une série d'unités de mesure coordonnées entre elles et rattachées aux unités fondamentales de la Mécanique, préparant ainsi, à quelques années seulement d'intervalle, l'évolution imprévue et si considérable due aux perfectionnements des machines électriques.

» Le Congrès de 1881 avait surtout pour objet de provoquer l'adoption d'un système aussi merveilleusement approprié aux besoins de l'industrie naissante ; nous avons eu, à cette époque, la satisfaction de défendre avec vous les mêmes principes, et nous retrouvons dans cette enceinte un grand nombre de figures amies auxquelles les souvenirs d'un travail, je dirai presque d'une lutte en commun, nous ont attachés par des liens indissolubles.

» Le bénéfice que l'esprit humain a retiré de ces travaux est incalculable. Le télégraphe, le téléphone et la lumière électrique se répandent dans le monde entier ; aucune créature civilisée ne peut échapper à cette invasion d'un progrès qui multiplie les facultés humaines et les relations sociales, mais qui conserve partout la même langue et les mêmes conventions.

» Il n'est pas moins surprenant de constater tous les jours avec quelle facilité les notions précises du travail et des forces électriques,

à la faveur des mots qui les traduisent brièvement, ont pénétré dans l'industrie; les ouvriers eux-mêmes raisonnent des volts, des ampères et des ohms avec la même sûreté que lorsqu'il s'agit de pression, de débit et de canalisation pour la vapeur.

» Enfin, et ce nouveau progrès nous touche de plus près, les systèmes de mesures adoptés pour l'électricité et le magnétisme emportent avec eux le système métrique, qui a été ainsi définitivement transporté au delà du détroit. Cette traversée, à la faveur de l'électricité, a porté bonheur au système métrique, car il est accepté aujourd'hui chez nos voisins d'outre-Manche dans les transactions, à titre de tolérance il est vrai, mais sa plus grande extension n'est qu'une question de temps, de transformation d'habitudes et de services rendus.

» L'œuvre de 1881 n'est plus à refaire. Le Congrès actuel trouvera peut-être qu'il serait avantageux de la compléter en quelques points; les innovations seront d'autant mieux accueillies qu'elles répondront plus sûrement à des besoins réels et à des réclamations justifiées de l'industrie.

» Nous aurons surtout à enregistrer les conquêtes scientifiques de ces dernières années, à entendre les inventeurs exposer leurs travaux et aussi, sans doute, à examiner des questions plus pratiques relatives au mode d'exploitation de certaines entreprises d'électricité ou aux règlements administratifs.

» Sur tous ces points, la longue expérience et l'esprit pratique des membres de l'Institution des Ingénieurs électriciens de Londres nous seront du plus grand profit.

» Si la patrie de Faraday et de Clerk Maxwell continue de se maintenir au premier rang dans la Science, la patrie de Franklin a fait pour ainsi dire une explosion éclatante par les découvertes les plus inattendues; nous sommes heureux de voir ici le représentant le plus célèbre de cette terre féconde, M. Edison, chez qui la puissance du travail et l'audace des entreprises se sont élevées à la hauteur du génie. » (*Applaudissements.*)

Sir William Thomson donne ensuite la parole à M. de Chardonnet pour la présentation de son appareil pour le *filage de la soie artifi-*

cielle, à M. J. Carpentier pour la présentation du *mélographe*, du *mélotrope* et du *batteur de mesure* qu'il montre en fonction, et à M. Wangemann pour la présentation du *phonographe*.

M. le Président remercie MM. de Chardonnet, J. Carpentier et Wangemann.

La séance est levée à 10^h du soir.

Les Membres des Sociétés réunies examinent alors en détail les instruments et appareils suivants, exposés dans différentes salles :

Mélographe et mélotrope, de M. J. Carpentier.

Appareils chronophotographiques et projectiles enregistreurs, de M. le colonel H. Sébert.

Le phonographe, de M. T.-A. Edison.

Empreintes produites par le choc sur des plaques métalliques (M. le colonel H. Sébert).

Appareil pour le filage de la soie artificielle, de M. le comte de Chardonnet.

Potentiomètre de M. Crompton.

Sections d'induit de M. Crompton.

Pile, de M. le commandant Renard.

Appareils enregistreurs, de MM. Richard frères.

Accumulateur, de MM. E. Dujardin et C^{ie}.

Ils prennent part, enfin, à l'audition téléphonique de l'Opéra-Comique (*Carmen*), installée dans la salle du Conseil de la *Société internationale des Électriciens*.

SUR LA PHONOGRAPHIE ET LA TÉLÉPHONOGRAPHIE (1).

I. — PHONOGRAPHIE.

M. E. MERCADIER. — « Le problème de la phonographie consiste : 1^o dans l'inscription sur une substance plastique des vibrations produites dans l'air par la voix humaine ; 2^o dans l'utilisation des traces qui constituent l'inscription pour reproduire des vibrations analogues, sinon identiques.

(1) Communication faite dans la séance du 5 juin 1889.

» Voyons d'abord les difficultés du problème.

» Longtemps avant l'invention du phonographe, on s'est servi d'une membrane mince armée d'un style pour inscrire les vibrations d'un corps sonore sur un cylindre tournant recouvert de noir de fumée.

» Quand il s'agit des sons musicaux produits par un instrument de musique ou par la voix humaine, le problème est assez simple. Une membrane ne vibre pas à l'unisson de tous les sons; mais la série de ceux qui la mettent en vibration est assez nombreuse, et, en tendant plus ou moins cette membrane, on peut la faire résonner fortement sous l'action des ondes d'un son quelconque *unique*.

» Si l'on fixe un style léger au centre de la membrane, ce style ne vibre pas non plus sous l'action de tous les sons; mais, en lui donnant une longueur convenable, on peut le faire vibrer quand la membrane vibre elle-même. Il est vrai que le style ne vibre pas toujours dans un plan; souvent il décrit une surface conique de forme plus ou moins complexe. Néanmoins, en appuyant le style sur un cylindre de façon à produire un frottement assez léger, on n'arrête pas ses vibrations qui se trouvent dessinées sur le cylindre tournant par un *nombre* égal d'ondulations d'une courbe plus ou moins régulière qui caractérise la *hauteur* du son : c'est ainsi que le son du *la* du diapason, par exemple, se trouve caractérisé ainsi par une courbe présentant 435 sinuosités si le cylindre a tourné juste pendant une seconde.

» Mais un son n'a pas seulement une hauteur; il a un *timbre* qui fait distinguer le son d'un instrument de celui d'un autre, le *la* d'un diapason du même *la* donné par un hautbois ou une clarinette. La cause du timbre n'est pas encore parfaitement connue, mais on sait cependant qu'il tient principalement à ce qu'un son est en général une chose complexe et multiple, comprenant en réalité un son principal, dit *fondamental*, accompagné d'une série de sons plus aigus et beaucoup plus faibles, superposés au premier, fondus en quelque sorte avec lui et qu'on nomme les *harmoniques*. La membrane qui reproduit un pareil son se divise spontanément en un certain nombre de parties dont chacune correspond à un harmonique, qui vibrent séparément et simultanément, et le style fixé à la membrane manifeste également cette complexité par une *forme* compliquée de vibra-

tion, qui peut se reproduire sur le cylindre par des *dentelures*, de forme variable, qui se manifestent sur la courbe sinueuse simple du son fondamental. Quand le timbre du son est très prononcé et le style d'une longueur quelconque, il arrive que le cône qu'il décrit dans l'espace est d'une forme très complexe; alors il rebondit sur la surface du cylindre et décrit une courbe à dentelures extrêmement compliquées, tout en restant assez régulières si le frottement sur le cylindre est toujours le même, condition difficile à remplir.

» Enfin, malgré ces complications, un style fixé à une membrane peut encore inscrire un son musical sur un cylindre enfumé en lui conservant suffisamment ses qualités essentielles, sa *personnalité*, si l'on peut ainsi parler.

» Mais, s'il s'agit pour le style, au lieu d'enlever une couche légère de noir de fumée, de représenter sa *forme vibratoire* complète par une sinuosité *creusée* sur une lame élastique, si mince qu'elle soit, par un sillon matériel ondulé, *incrustant* en quelque sorte la trace d'une portion au moins du mouvement du style dans l'espace, cette trace doit se produire au moins dans deux directions, *en profondeur* perpendiculairement à l'axe du cylindre et *obliquement* suivant une inclinaison variable, et l'on conçoit immédiatement la difficulté du problème : on peut entrevoir qu'un style rigide ne puisse le réaliser qu'en partie. Il peut bien en effet produire, dans le sens de la profondeur, un sillon dont le nombre des ondulations est égal au nombre des vibrations du son musical, et reproduire ainsi, en passant de nouveau sur ce sillon, un nombre de vibrations de la membrane égal à celui qui caractérise le son donné et sa *hauteur*; mais les particularités, les dentelures obliques de forme variable constitutives du timbre, on conçoit que le travail qu'il y aurait à faire pour les produire lui soit à peu près impossible, et l'expérience semble bien prouver qu'il en est ainsi, puisque le timbre est si fortement altéré dans les premiers appareils construits à cet effet.

» Voilà donc une première difficulté.

» Mais le problème de la reproduction matérielle de la voix est bien plus complexe encore que celui de la reproduction d'un son simple timbré.

» En effet, il suffit de considérer une seule syllabe articulée dans un temps très petit, environ un dixième de seconde : il y a d'abord

le son de la voyelle avec sa hauteur et son timbre, source de la difficulté qu'on vient de signaler; il y a de plus l'effet préalable produit par la consonne. Or celui-ci est beaucoup plus compliqué que l'autre; c'est un choc, une sorte d'explosion produite sur l'air qui environne la bouche et se transmet à la membrane: il en résulte ce qu'on nomme un *bruit* qui n'est, en grande partie, autre chose qu'une superposition de sons extrêmement brefs, différents de ceux qui constituent le timbre, et dont la membrane et le style devraient reproduire et imprimer les effets aussi bien que ceux de la voyelle et même *un peu avant* ceux-ci, puisqu'ils les précèdent dans l'articulation de la syllabe.

» Il y a là, on le voit sans qu'il soit besoin d'insister, une nouvelle difficulté à ajouter à la précédente, et très probablement plus grande encore.

» Cette analyse des conditions du problème de la phonographie montre qu'il y a une grande probabilité pour que les solutions ne soient qu'approximatives.

» La première en date de ces solutions a été donnée par M. Edison et est réalisée dans l'instrument appelé *phonographe* par son auteur.

» *Phonographe primitif*. — Le phonographe primitif se compose d'un cylindre en laiton creusé à sa surface suivant une rainure étroite en forme d'hélice à pas très serré, supporté par un axe taraudé formant une vis également très serrée et devant être mis en mouvement avec beaucoup de régularité et de justesse, soit à la main, soit à l'aide d'un ressort d'horlogerie. Une feuille mince d'étain (semblable à celles dont on se sert pour envelopper le chocolat) est enroulée sur le cylindre. En avant et à une très petite distance du cylindre, une membrane mince, en fer par exemple, fixée à un support solidement ajusté au socle de l'appareil, porte une petite aiguille fine en contact avec la feuille d'étain au-dessus du milieu de la rainure hélicoïdale.

» Cela étant, supposons le cylindre mis en mouvement continu et uniforme. Si l'on parle avec force au-dessus de la membrane, la membrane vibre comme celle d'un téléphone, l'aiguille participe à ses mouvements, et sa pointe enfonce plus ou moins, sans la percer, la feuille d'étain dans la rainure superficielle du cylindre, produisant ainsi une sorte de sillon hélicoïdal présentant des creux et des aspé-

rités, des vallons et des montagnes minuscules plus ou moins profonds, suivant les inflexions de la voix, sa hauteur, son intensité.

» Le cylindre étant parvenu à l'extrémité de sa course, on soulève la membrane, et par suite l'aiguille servant de style, et, en tournant la vis en sens inverse, on ramène le cylindre à la position qu'il avait à l'origine de son mouvement; on abaisse de nouveau la membrane et l'on engage le style dans le sillon sinueux qu'elle vient de tracer.

» Si, alors, le cylindre est mis en mouvement avec la même vitesse et régularité que la première fois, la pointe du style suit les sinuosités de la trace qu'elle avait formée elle-même tout à l'heure; il en résulte des mouvements qui se communiquent à la membrane et qui produisent sur celle-ci, en quelque sorte en sens inverse, des effets *analogues* à ceux que produisait primitivement la voix; si bien que les vibrations de la membrane reproduisent *approximativement* les paroles qu'on avait prononcées. L'expérience peut être recommencée avec la même feuille d'étain trois ou quatre fois au plus, car la plasticité de l'étain est telle que la pointe du style détruit les aspérités du sillon qu'elle avait tracé, en passant de nouveau sur elles, de sorte que les effets produits s'affaiblissent rapidement.

» L'instrument ne remplit le but qu'*approximativement*; il ne produit que des effets *analogues* à ceux de la parole, comme nous le disions tout à l'heure.

» Rien n'est plus facile à démontrer pratiquement. A cet effet, qu'on fasse l'expérience ci-dessus décrite devant une assemblée d'auditeurs quelconques, l'opérateur prononçant devant la membrane et *en présence de l'assemblée* (on va voir pourquoi nous soulignons encore ceci) une phrase fortement et nettement articulée, ce qui est indispensable à la réussite : lorsque ensuite le cylindre exécute son second mouvement, la membrane fait entendre la même phrase.

» Seulement les observateurs attentifs voient : 1^o que les articulations semblent fort adoucies et comme émoussées; 2^o que certaines voyelles ou diphtongues, *a, o, en, an, on, ...* sont au contraire renforcées et prédominent; 3^o que le *timbre* de la voix, cette qualité spéciale qui fait distinguer la voix d'une personne de celle d'une autre, est tout à fait altéré par une sorte de nasillement désagréable.

» Mais ce n'est pas tout : l'altération de la voix est plus grande

encore qu'on ne le croit quand l'expérience est faite de cette manière.

» Pour s'en convaincre, il suffit de faire la première partie de l'expérience *loin des auditeurs*, de façon qu'ils ne puissent entendre la phrase prononcée par l'opérateur sur la membrane et qui produit le sillon sinueux sur la feuille d'étain. Lorsque ensuite on rapporte l'instrument dans la salle où se trouvent les auditeurs, et qu'on tourne le cylindre, l'effet merveilleux ne se produit plus; n'ayant pas entendu à *l'avance* la phrase qui devrait être incrustée en quelque sorte sur l'étain, on ne distingue plus aucun *mot*, il n'y a presque plus d'articulations, on n'entend plus qu'une série de voyelles à sons nasillards formant comme une sorte d'aboiement continu plus ou moins voilé. Il est difficile, même en opérant dans les meilleures conditions, de distinguer quelques articulations, de saisir des bribes de syllabes permettant, à grand effort d'imagination, de reconstituer des mots.

» Il y a donc dans l'effet que produit le phonographe, quand on effectue toutes les opérations en présence des auditeurs, une forte part d'illusion : ceux-ci, en entendant les effets incomplets et vagues de l'appareil, reconstituent, sans s'en douter, les consonnes, les articulations, le timbre qui manquent, mais qu'ils ont entendus dans la première phase de l'expérience et qu'ils ont retenus.

» Cet effet physiologique, psychologique si l'on veut, n'a rien de bien surprenant; et, en tous cas, des effets analogues se produisent dans d'autres circonstances, et plus étranges encore. N'a-t-on pas entendu récemment, à l'Académie de Médecine, à propos de la prétendue action à distance de substances médicamenteuses sur les hystériques, M. Brouardel affirmer que lorsque l'opérateur, ayant endormi son sujet, expliquait au public, *devant le sujet* endormi, ce qui devait se passer dans les expériences qui allaient être tentées et leurs résultats, ces résultats étaient toujours obtenus? Mais, lorsqu'on ne donnait pas d'explications à haute voix, que l'opérateur et le sujet ne connaissaient pas les substances expérimentées, les résultats ne se produisaient plus que de temps en temps et comme au hasard.

» Le phonographe ne reproduit donc véritablement que des éléments informes de la parole articulée : l'expérience le prouve avec

évidence, et c'est là qu'il faut chercher la cause du discrédit et de l'oubli dans lesquels il est tombé quelques mois après son apparition.

» *Perfectionnements au phonographe.* — Comment est-il possible d'améliorer des résultats qui, bien que très curieux, étaient en somme médiocres?

» Il convient, à cet effet, de se reporter aux principes de la Mécanique générale.

» Reprenons d'abord le cas où il s'agirait d'inscrire sur le cylindre d'un phonographe l'effet produit par une seule syllabe articulée.

» Le centre de la membrane et, par suite, le style reçoivent un mouvement très complexe; en effet, il provient de l'onde résultant du son fondamental de la voyelle; de celles qui proviennent des harmoniques de ce son, qui en caractérisent le timbre, et il y en a trois ou quatre qui ont une intensité sensible; de celles qui résultent de l'explosion due à l'articulation de la consonne, explosion qui est, en somme, un *bruit*, c'est-à-dire un composé de plusieurs sons en nombre inconnu et que nous réduirons à trois ou quatre, si l'on veut. Le mouvement du style peut donc être considéré comme provenant des effets d'une dizaine d'ondes au moins, toutes différant les unes des autres, si l'on pouvait les considérer isolément, quant à leur intensité, à leur forme, au nombre des vibrations des molécules qui la composent.

» Quel peut être le résultat définitif de ces effets multiples superposés les uns aux autres? *A priori*, on ne le voit pas et l'on doit supposer qu'il est très complexe, très bizarre et qu'il n'est soumis à aucune loi.

» Il n'en est rien pourtant. Qu'on veuille bien réfléchir en effet, par exemple, aux effets produits par les sons d'un orchestre sur la membrane du tympan d'un auditeur. Pourvu que celui-ci soit assez éloigné pour que les effets *ne soient pas trop forts*, ces effets sont très agréables (si l'orchestre est bon) : les ondes de nature si diverse qui sont émises se croisent dans l'espace dans tous les sens, sans se confondre, sans s'entre-détruire, et viennent en un point quelconque combiner leurs effets suivant une loi simple d'addition ou de soustraction en ce qui concerne leurs amplitudes, en présentant une

forme spéciale résultant de la forme des ondes élémentaires combinées.

» Prenons un autre exemple. Examinons les vagues de la mer un jour de tempête dans le voisinage d'une digue : nous voyons des ondulations d'une grande amplitude arriver en tous sens, se briser les unes contre les autres et contre celles qui sont renvoyées par les murs de la digue après réflexion, et cela sans règle, sans loi appréciable, sans effets qui puissent être déterminés d'avance. Supposons que la tempête se calme peu à peu : au fur et à mesure que l'amplitude des vagues diminue, la complexité qui résultait de leur rencontre diminue ; on voit certains effets se reproduire bientôt régulièrement, et, quand les vagues deviennent *très petites*, comme des rides à la surface des flots, on voit se réaliser ce qui se passait, sans qu'on le vit, dans les ondes aériennes considérées tout à l'heure ; les vagues directes et les vagues réfléchies se croisent de toutes parts sans se confondre, en produisant en chaque point de la mer une forme d'onde spéciale et un mouvement périodique résultant de la combinaison simple des ondes qui s'y croisent en même temps. On voit des effets du même genre en laissant tout simplement tomber plusieurs pierres dans une eau tranquille en des points différents.

» Ces faits, et bien d'autres de la même espèce, satisfont à une loi très générale de la Mécanique due à Bernoulli, et qu'on nomme la loi de la *superposition des petits mouvements* ou de la *coexistence des petites oscillations*, dus aux forces naturelles. Elle consiste en ce que, dans tout corps soumis à l'action des forces naturelles, si l'on provoque des oscillations ou des mouvements très petits, ces oscillations et ces mouvements peuvent coexister et se croiser sans se nuire en chaque point, et leur effet résultant s'obtient par la composition simple par addition ou soustraction, suivant le sens des mouvements élémentaires.

» Cette loi remarquable est d'autant plus applicable que les mouvements sont *plus petits* : les *qualités* propres à chacun des mouvements simples sont également reproduites dans le mouvement résultant avec d'autant plus de perfection que ces mouvements sont plus petits. Les corps solides, membranes, tiges, styles métalliques, bois, murs, etc., sont éminemment propres à réaliser l'application de la loi générale.

» C'est précisément là la cause principale des merveilleux effets des téléphones quand leurs membranes en fer ne sont pas trop minces; c'est l'une des raisons pour lesquelles le nasillement se produit dans ces instruments quand les plaques sont trop minces, les mouvements transversaux qui s'y développent étant alors relativement trop grands, et la *qualité* correspondant au timbre des sons étant alors altérée. Et l'on voit que la reproduction de la parole avec ses inflexions, ses délicatesses et son timbre est d'autant plus parfaite que les plaques sont plus épaisses et que, par suite, les mouvements possibles sont plus petits; malheureusement, l'intensité des sons diminue rapidement quand l'épaisseur augmente; mais il n'en saurait être autrement.

» Les propriétés du microphone tiennent à la même cause : la perfection avec laquelle il conserve à la voix toutes ses qualités provient principalement de ce que les mouvements de ses organes et les variations électriques qui en résultent sont très petits.

» En suivant cet ordre d'idées, on est conduit à penser qu'elles doivent s'appliquer à la phonographie, où les effets produits résultent nécessairement de la combinaison de petits mouvements très nombreux.

» S'il en est ainsi, la condition essentielle pour une bonne phonographie est de chercher à produire des *mouvements très petits*.

» Pour cela, il faut ne pas être obligé de parler trop fort, d'où ces deux conséquences nécessaires : 1° alléger les membranes vibrantes qui transmettent les ondes aériennes au style et alléger également celui-ci; 2° augmenter la plasticité de la substance sur laquelle on inscrit.

» D'autre part, il faut que la reproduction, la *réception* des effets d'abord *transmis* soit faite dans des conditions aussi identiques que possible à la *transmission*.

» De là encore deux conséquences nécessaires : 3° conserver au mouvement relatif du style et du cylindre exactement la même vitesse à chaque instant; par suite, alléger les organes en mouvement et employer des moteurs réguliers, uniformes;

» 4° Les effets produisant la transmission (ondes aériennes) sont plus intenses que ceux qui les reproduisent (sinuosités dentelées de la substance plastique); il convient donc d'avoir deux organes diffé-

rents pour la transmission et la réception, ce dernier devant être plus léger, plus délicat que le premier : il faut, en un mot, sacrifier la *réversibilité* de l'instrument primitif.

» Eh bien, telles sont en effet les modifications qui ont été apportées au phonographe ; et elles ont été faites simultanément, mais *séparément*, par M. Edison et par M. Sumner Tainter ; n'est-il pas permis d'y voir une preuve de leur nécessité ?

» M. Edison a fait présenter récemment son phonographe perfectionné à l'Académie des Sciences et à la Société internationale des Électriciens.

» *Graphophone de M. S. Tainter.* — Voici la description de l'instrument auquel M. Tainter a donné le nom de *graphophone* et qui est moins compliqué que celui de M. Edison.

» Dans la *transmission* (*fig. 1*), le cylindre C est très léger ; il est simplement en carton ; il tourne sur lui-même, *sans avancer*, sous l'action d'un moteur à pédale M qui ne fait aucun bruit : c'est la membrane qui se meut et, à cet effet, elle est fixée à un écrou fileté *e* qui est entraîné par une vis à pas très fin (un demi-millimètre à peine), qui tourne sur elle-même comme le cylindre et parallèlement à lui sous l'action du même moteur ; c'est l'inverse de ce qui se passe dans le phonographe, avec ce grand avantage que le moteur, au lieu d'avoir à mettre en mouvement un cylindre très lourd, n'agit ici que sur des organes légers. La membrane *m* est en mica armé d'un style au centre ; mais, au lieu de parler énergiquement, de crier contre elle, directement, comme dans le phonographe, on parle ici avec sa voix ordinaire, dans un cornet acoustique communiquant par un tube de caoutchouc avec la membrane protégée par une monture.

» En second lieu, l'inscription ne se fait plus sur une lame d'étain : le cylindre est recouvert d'une couche mince de pâte spéciale formée principalement de cire et de paraffine : pendant que la membrane est entraînée par son écrou le long des génératrices du cylindre qui tourne en même temps sur lui-même, une petite *arête* métallique perpendiculaire à ces génératrices, fixée par des bras au support de la membrane à côté du style, lui prépare en quelque sorte la voie en traçant un sillon hélicoïdal ; c'est dans ce sillon qu'au tour suivant le style, sous l'action des ondes sonores produites dans le tube

acoustique par la voix, trace des sinuosités, des *broderies*, si l'on peut ainsi dire, en rapport aussi complet que possible avec la complexité produite dans la *forme* de ces ondes par la *superposition* des harmoniques qui caractérisent le *timbre*, et par les petites explosions, résultat de l'*articulation* des consonnes. On voit que les conditions

Fig. 1.



1° et 2°, indiquées ci-dessus, sont très bien remplies : membrane et style sont allégés et la plasticité de la matière sur laquelle on inscrit est augmentée.

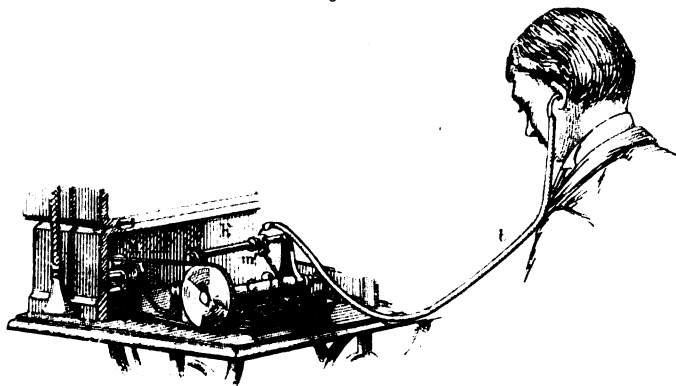
» Ajoutons, pour terminer ce qui est relatif à la transmission, que la longueur du cylindre et de la vis qui guide la membrane est d'environ 0^m,15 à 0^m,16; le diamètre du cylindre est de 0^m,02 à 0^m,03 : le mouvement est assez lent pour qu'on puisse parler pendant quatre ou cinq minutes avant que la membrane ait parcouru sa course; enfin, l'inscription terminée, il faut avoir soin d'enlever avec un

pinceau les fines bavures et les résidus très légers laissés sur les bords du sillon hélicoïdal tracé par l'arête et le style.

» Passons maintenant à la *réception* (*fig. 2*).

» Dans le phonographe, c'est l'organe inscripteur lui-même, le style, qui repasse sur les sinuosités qu'il a formées; nous avons indiqué plus haut l'inconvénient de cette manière de procéder; M. Tainter emploie un récepteur différent de l'inscripteur, conformément à la quatrième condition indiquée plus haut, sacrifiant, avec raison, l'unité des organes de la transmission et de la réception pour les rendre l'un et l'autre plus aptes à la fonction qu'ils doivent remplir, pour les adapter mieux aux modes d'excitation différents qui leur sont appliqués, et en tirer ainsi de meilleurs effets.

Fig. 2.



» Pour cela, l'organe de réception du graphophone est formé d'une membrane, *m'*, beaucoup plus petite que la membrane de transmission, supportant un levier très léger *l* de 0^m,06 à 0^m,07 de longueur, recourbé à son extrémité; le tout, sauf cette extrémité qui dépasse de 0^m,002 ou 0^m,003, est protégé par une sorte de fourreau en métal mince et fixé à un écrou tout semblable à celui du transmetteur, qui permet de substituer sans difficulté le récepteur au transmetteur sur la vis conductrice immédiatement après l'inscription. La pointe de ce levier amplificateur étant placée sur le cylindre au point où le mouvement du transmetteur a commencé, on recommence à mettre le moteur en action. Les sinuosités que le style inscripteur a tracées se présentent successivement sous le levier et agissent sur lui; ses mouvements sont transmis à la petite membrane;

celle-ci transmet les siens à l'air ambiant; on recueille les ondes dans un tuyau en caoutchouc double terminé par deux tuyaux métalliques disposés de façon à être introduits dans les deux oreilles.

» On comprend bien, indépendamment des considérations théoriques, qu'un système aussi léger et aussi complexe offre, pour pouvoir reproduire des mouvements aussi délicats que ceux qui peuvent résulter de la forme compliquée des fines sinuosités du sillon tracé dans la cire, des ressources beaucoup plus grandes que le style court et rigide et la large membrane du transmetteur.

» Et c'est effectivement ce qui arrive : le résultat obtenu est bien supérieur à celui qu'on obtenait du phonographe. Les trois défauts signalés plus haut sont à peu près corrigés : les articulations sont beaucoup plus nettes, les diverses voyelles sont reproduites avec beaucoup plus d'égalité; enfin le timbre, sans être absolument reproduit, l'est beaucoup mieux que dans le phonographe, et le nasillement insupportable de celui-ci a presque disparu. On a gagné en finesse, délicatesse des inflexions, perfection des articulations, ce qu'on a perdu en intensité; mais le problème à résoudre n'est pas d'abord de faire entendre à tout un auditoire, à distance, des paroles grossièrement reproduites, sans articulations nettes et avec le timbre de la voix de polichinelle, c'est de reproduire ces paroles à l'oreille d'un auditeur avec la perfection de leurs inflexions, si c'est possible, et avec une intensité suffisante pour qu'il les entende nettement, sans tension d'esprit ni attention fatigante. Or j'ai constaté à diverses reprises que l'intensité obtenue dans le graphophone était le plus souvent trop forte lorsqu'on a les deux tubes acoustiques à l'intérieur des deux oreilles; un seul suffit, si la transmission a été nette, en bouchant l'oreille qui n'est pas utilisée pour la réception.

» J'ai constaté également : en premier lieu, que l'on pouvait faire avec le graphophone l'expérience qui est si défavorable au phonographe : on peut faire parler dans le transmetteur placé dans une salle éloignée de celle où se trouve l'auditeur; quand celui-ci écoute ensuite, les paroles prononcées sont assez nettes, les phrases se comprennent, le timbre de la voix d'une personne connue d'avance se reconnaît, pourvu qu'elle ait prononcé les mots nettement avec une force moyenne. Avec le phonographe, il est rare que le résultat de cette expérience ne soit pas mauvais.

» En second lieu, en écoutant au récepteur après une dizaine d'opérations faites sur le même cylindre, les résultats de l'inscription sur la pâte de cire ne paraissent pas sensiblement altérés ; la réception paraissait aussi nette que la première fois ; l'intensité semblait la même, et il est permis de croire que, conformément aux affirmations de l'inventeur, le même cylindre pourrait opérer ainsi des centaines de transmissions successives, résultat tenant à la perfection, à la légèreté des organes et à leur bonne adaptation, qui n'a pas grand intérêt au point de vue de la science pure, mais qui peut en avoir beaucoup au point de vue des applications.

» Enfin il va sans dire que le chant, la musique sont reproduits par l'appareil avec une grande fidélité : les ondes sonores produites par les sons musicaux sont beaucoup moins complexes que celles de la parole articulée, et agissent par suite plus simplement sur les organes mécaniques soumis à leur action.

» Ainsi, à l'aide de ce bel appareil et de celui que M. Edison a si ingénieusement perfectionné, le problème de la reproduction mécanique de la parole articulée vient de faire un pas décisif, et, si la solution n'atteint pas encore la perfection, elle est véritablement satisfaisante.

II. — TÉLÉPHONOGRAPHIE.

» On entend par ce mot la transmission à distance, par une ligne télégraphique par exemple, des effets phonographiques.

» L'idée d'essayer une pareille transmission vient naturellement comme conséquence de l'étude indiquée ci-dessus des principes qui peuvent servir de guide dans la recherche des perfectionnements de la phonographie.

» En effet, si la reproduction phonographique de la voix est d'autant meilleure que les effets mécaniques qu'elle exige sont plus petits, comme il en est de même d'ailleurs des effets téléphoniques et microphoniques, ainsi que je l'ai remarqué il y a longtemps, j'ai pensé que la transmission des premiers par l'intermédiaire des seconds serait possible, malgré la perte d'énergie qui résulterait de la transformation.

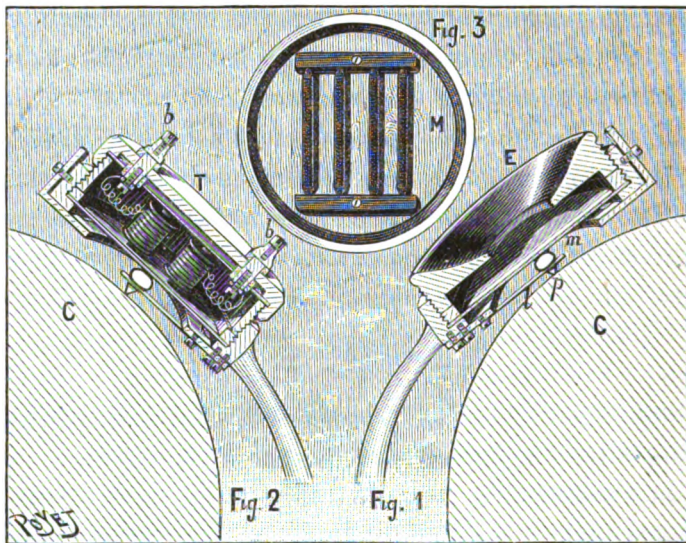
» De plus, il paraissait certain, d'après les idées émises plus haut :
1° que la transformation améliorerait la *qualité* des effets en dimi-

nuant leur intensité, bien entendu jusqu'à une certaine limite; 2° qu'elle permettrait de résoudre le problème de la transmission à distance des effets phonographiques.

» C'est dans cette conviction que, après avoir assisté, au mois de septembre 1888, à des expériences sur un graphophone, j'ai tenté l'expérience de la téléphonographie, et que j'ai pu la réaliser sans difficultés sérieuses.

» *Téléphonographie téléphonique.* — A cet effet, n'ayant pas encore un graphophone à ma disposition, j'ai pris un ancien phonographe de M. Edison, à membrane de fer, dont la *fig. 3*, n° 1, indique

Fig. 3.



une coupe; j'en ai fait modifier la monture de façon à pouvoir ajuster sur elle un téléphone T dont le diaphragme était retiré, et de façon que les pôles de l'aimant du téléphone fussent très près de la membrane du phonographe qui lui sert alors de diaphragme (*fig. 3*, n° 2).

» Après avoir parlé très fortement sur cette membrane, surmontée de son cornet acoustique E, et produit à la manière ordinaire le gaufrage de la feuille d'étain, on enlève le cornet acoustique et on lui substitue le téléphone mis en communication par un double fil fixé en *b, b'* avec deux autres téléphones devant servir d'écouteurs.

» Lorsque alors on fait tourner le cylindre de l'appareil, comme

on le fait quand on veut reproduire les paroles prononcées, on les entend très bien à distance dans les téléphones récepteurs, plus faiblement sans doute, mais plus nettement qu'à la manière ordinaire. La reproduction se fait, il est vrai, avec les défauts signalés plus haut de l'ancien phonographe de M. Edison, mais en employant soit le phonographe perfectionné de M. Edison, soit le graphophone de M. S. Tainter; la même reproduction à distance serait certainement possible, et elle serait de beaucoup meilleure.

» *Téléphonographie microphonique.* — J'ai essayé de voir si la perte d'énergie, qui résulte ainsi de la transformation de la membrane du phonographe en téléphone pour la *réception*, n'était pas trop grande pour qu'on pût substituer un microphone au téléphone (*fig. 3, n° 3*).

» En employant un microphone ordinaire à diaphragme en bois muni de quatre tiges légères de charbon de 3^{mm} de diamètre, et dont le fil primaire de la bobine d'induction était dans le circuit d'une pile de trois éléments de Lalande et Chaperon, les résultats obtenus dans les téléphones, placés à la manière ordinaire dans le circuit du fil secondaire, ont été les mêmes qu'avec le téléphone transmetteur, mais plus intenses; ils étaient, il est vrai, compliqués d'un bruissement résultant des mouvements transmis au microphone par le socle qui le supporte quand on fait tourner le cylindre à la main; mais il est facile de faire disparaître cet inconvénient par une construction plus rationnelle et plus soignée du phonographe. Il n'existerait certainement pas avec le graphophone de M. Tainter, convenablement modifié pour ajuster un microphone à la membrane réceptrice.

» Du reste, il a suffi, pour faire disparaître en très grande partie ce bruissement, d'entourer la membrane microphonique d'un anneau de caoutchouc.

» En opérant ainsi, j'ai pu constater les faits suivants :

» 1° La reproduction de la parole s'opère sans difficulté en se servant comme intermédiaire soit d'un téléphone, soit d'un microphone.

» 2° Elle s'opère à travers des résistances considérables jusqu'à 20000 ohms et davantage.

» 3° En se servant en particulier d'un microphone, qui a l'avantage de s'appliquer à n'importe quelle membrane, on voit très nette-

ment que, conformément aux idées théoriques énoncées précédemment, tous les moyens qui diminuent l'*intensité* des effets jusqu'à une certaine limite en améliorent la *qualité*.

» Ainsi l'un de ces moyens consiste à repasser avec le même style sur les mêmes traces. Eh bien, quand on n'est plus préoccupé par la question de reconnaître les mots et les phrases prononcées, et qu'on s'attache à observer les reproductions des nuances délicates du timbre, l'amélioration n'est pas douteuse dès la troisième ou quatrième expérience.

» Un second moyen consiste à introduire dans le circuit extérieur du microphone des résistances croissantes, moyen très commode, car il permet de comparer entre elles les reproductions des deux moitiés d'une phrase, par le simple jeu d'un commutateur.

» On voit alors que les effets produits sont meilleurs avec 15 000 ou 20 000 ohms dans le circuit que lorsqu'il n'y a pas de résistance intercalée.

» Ces essais, effectués en septembre et octobre 1888 avec un phonographe ancien modèle, seront continués avec l'instrument perfectionné et avec un graphophone. Il ne me paraît pas douteux qu'ils ne soient beaucoup plus satisfaisants.

» Le fait suivant autorise d'ailleurs à le penser :

» D'après *The telegraphic Journal and electrical Review* du 8 mars 1889, M. W.-J. Hammer, le 4 février dernier, devant le *Franklin Institute* de Philadelphie, après avoir inscrit sur le nouveau phonographe de M. Edison des paroles et des airs, les aurait transmis à New-York sur une ligne de 165^{km}, et l'on aurait pu à l'arrivée les inscrire de nouveau sur un autre phonographe, de façon à les faire entendre à un nombreux auditoire.

» A cet effet, après l'inscription faite sur le phonographe transmetteur, en tournant une seconde fois le cylindre comme pour la réception, les ondes sonores produites dans l'air seraient recueillies, transmises à un microphone à charbon d'Edison, et par suite à la ligne télégraphique embrochée dans le circuit secondaire : c'est la première partie de l'opération.

» Dans la deuxième partie, on recevrait la transmission à l'autre bout de la ligne dans un *électromotographe* d'Edison, constitué par un cylindre de chaux et une lame-frotteur en platine. L'intensité du

frottement variant avec le courant qui arrive de la ligne télégraphique, il en résulte des vibrations de la lame transmises à l'air environnant. Au lieu de les recevoir ainsi simplement, on aurait pu les faire inscrire sur un second phonographe, les transmettre ensuite à l'air, puis à un second microphone, puis à un second électromotographe; et, enfin, de nouveau, à l'air et aux oreilles de nombreux auditeurs.

» Il y a certainement lieu de faire les réserves les plus expresses sur cette seconde partie de la transmission *téléphonographique*, qui pourrait se réduire, au point de vue télégraphique, à la réception dans deux écouteurs téléphoniques. Ainsi réduit, on voit que j'ai résolu le problème de cette transmission très simplement, il y a près d'un an, avec l'ancien phonographe, malgré ses imperfections. »



EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889.

Tableau des récompenses obtenues dans les classes 6-7-8, 8, 12, 14, 15, 45, 52 et 62 par les Membres de la Société internationale des Électriciens.

CLASSES 6, 7, 8.
Enseignement technique.
Médaille d'or.
MM.
ARMENGAUD aîné.

CLASSE 8.
Enseignement supérieur.
Grand prix.
MASSON (G.).
Médaille d'or.
BONAPARTE (prince Roland).
Médailles de bronze.
BEST (Alberto).
NANSOUTY (M. DE).

CLASSE 12.
Photographie.
Grand prix.
DUJARDIN (P.).

CLASSE 14.
Instruments de Médecine et Chirurgie.
Médailles d'or.
CHARDIN (Ch.).
GAIFFE fils (G.).

CLASSE 15.
Instruments de précision.
Grands prix.
MM.
CARPENTIER (J.).
DUCRETET (E.).
RICHARD frères.

Médailles d'or.
MM.
BELLIENI (H.).
DUMOULIN-FROMENT (P.).
Médailles d'argent.
NAPOLI (D.).
PARENT (C.).
RADIGUET.
Médailles de bronze.
BABLON (V).

CLASSE 45.
Produits chimiques.
Grand prix.
SOLVAY et C^{ie}.
Médailles d'argent.
NEUJUAN.
WEEGER.

CLASSE 52.
Machines et appareils de la Mécanique générale.
Grands prix.
BELLEVILLE et C^{ie}.
NAEYER et C^{ie}.
Médailles d'or.
ARMENGAUD aîné.
DESCHIENS (Eug.).
DOMANGE (A.).
RICHARD frères.
ROMILLY (F. DE).
SCHNEIDER et C^{ie}.
Médailles d'argent.
ELWELL.
HERSCHER.
HENRY (René).
RAFFARD.

Médailles de bronze.

MM.

CASALONGA (D. A.),
RADIGUET.
REVEILHAC (J.).

Mentions honorables.

BLÉTRY frères.
DUCRETET (E.).
MAICHE (L.).

CLASSE 62.

Électricité.

Grands prix.

BAUDOT (E.).
CARPENTIER (J.).
CHRISTOFLE et C^{ie}.
PLANTÉ (G.).

Médailles d'or.

BRANVILLE (P. DE).
CLERC (L.).
CROMPTON.
DESCHIENS (Eug.).
DESROZIERS (E.).
DUMOULIN-FROMENT (P.).
FORTIN-HERRMANN (A.).
JASPAR (J.).
MANDROUX (L.).
MENIER.
MERCADIER (E.).
MÉRITENS (A. DE).
MILDÉ fils (Ch.).
MORS.
MOUCHEL (J.-O.).
RECHNIEWSKI (W. C.).
RICHARD frères.
TROUË (G.).
WEILLER (L.).

Médailles d'argent.

BRILLIÉ (L.-V.).
CHARDIN (Ch.).

Médailles d'argent (suite).

MM.

CHRÉTIEN.
CLAUDE (F.-Aug.).
GADOT (P.).
GAIFFE fils (G.).
HOURY ABOILARD.
LÉVY (Émile).
LIONNET (C.).
MAQUAIRE.
PARENTHOU.
PATERSON.
PERILLE (J.).
PICARD (Pierre).
RADIGUET.
WILLOT.

Médailles de bronze.

BASSÉE-CROSSE.
BOREL MARTINAUD.
BRYLINSKI et ESTAUNIÉ.
DESRUÈLLES.
FERRY (L.).
FETTER (J.).
GUÉRIN.
HUTINET.
LAGARDE.
MAICHE (L.).
VAN VLOTEN.
VAVIN.
WOODHOUSE et RAWSON.

Mentions honorables.

ABOILARD.
BABLON (V.).
BANCELIN.
BAZIN.
CONTADE (DE).
CORNETTE.
GIRAUD.
MARCILLAC.
SCOLA.
SERRIN (H.).

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. Congrès international des Électriciens. — II. Balances électriques automatiques.
III. Poste aux lettres électrique.

I. Congrès international des Électriciens. — Le *Bulletin de la Société internationale des Électriciens* ne peut pas rendre un compte détaillé des opérations du Congrès. La plupart de ses membres en ont du reste suivi les travaux, et le compte rendu officiel en sera prochainement publié.

Toutefois, nous ne croyons pas pouvoir passer sous silence le banquet du 31 août, qui a réuni la plupart des membres du Congrès après la clôture des travaux, et qui appartient au domaine de la Chronique.

Ce banquet était offert par les membres français du Congrès à leurs collègues étrangers : les salons de l'Hôtel Continental étaient littéralement encombrés d'une foule compacte, chacun ayant tenu à honneur d'assister à cette réunion. Il serait impossible de nommer toutes les notabilités présentes : nous craindrions d'en oublier, et nous préférons nous abstenir. Mais nous désirons au moins fixer le souvenir des paroles cordiales qui ont été échangées par les représentants des diverses nations, en transcrivant les toasts qui ont été portés. La Rédaction du *Bulletin* regrette seulement de n'être pas encore en mesure de reproduire les paroles de M. Georges Berger, Président honoraire de la Société internationale des Électriciens, et de M. J. Ferraris, au nom des membres italiens.

SIR WILLIAM THOMSON. Président honoraire du Congrès, prononce les paroles suivantes :

« Pendant la semaine qui vient de s'écouler, le Congrès a été pour moi une source de plaisir et de profit. Au nom de mes compatriotes et de tous les autres étrangers présents, j'adresse au Président du Congrès et à ses Collègues mes remerciements sincères pour l'hospitalité et la cordialité que nous avons rencontrées de tous côtés. Pour ma part, j'éprouve un sentiment de profonde gratitude qui ne s'effacera pas de mon souvenir. Paris m'a toujours apparu comme le centre naturel des réunions internationales de cette sorte. C'est la capitale de la Science et l'endroit où tous peuvent se réunir sur un terrain commun et manifester leurs sentiments d'amitié internationale. C'est certainement quelque chose de spécial à Paris qui nous a rendu ce Congrès si particulièrement agréable. Pour mes compatriotes et pour tous les étrangers venus de tous les points du monde, il nous semblait que nous nous trouvions dans la maison de la concorde et de l'unanimité, au sein de la *contrée heureuse*.

» Ce Congrès n'a été ni moins agréable, ni moins réussi que son prédécesseur de 1881. Non seulement pour la Science elle-même et pour les intérêts de l'industrie, mais aussi pour les résultats profitables au monde entier, les travaux de ce Congrès devront être retenus avec gratitude.

» J'espère que ce ne sera pas la dernière fois que nous nous retrouverons ici. Parmi tous les pays du monde, la France prend la première place pour sa large hospitalité et la perfection avec laquelle elle organise les affaires comme celles qui nous ont occupés cette semaine ; et j'espère qu'elle continuera à maintenir la situation qu'elle a acquise, de point de rendez-vous des Congrès du monde. » (*Applaudissements.*)

M. MASCART, Président du Congrès, prend la parole en ces termes :

« Messieurs, ceux d'entre vous qui ont pris part au Congrès de 1881 et aux Conférences internationales chargées de mettre en pratique les résolutions de ce Congrès ont regretté, j'en suis certain, de ne plus entendre au fauteuil où vous m'avez fait l'honneur de m'appeler et où je me figurais commettre une véritable usurpation, de n'y plus entendre la voix sympathique, vibrante, presque incisive par sa netteté du Président légendaire, si je puis dire, qui savait animer la discussion, maintenir les esprits en éveil et donner un relief particulier à la concorde des assemblées générales par la manière dont il articulait la formule sacramentelle « à l'unanimité » à la fin de chacun des votes.

» Huit ans à peine se sont écoulés depuis cette époque et déjà des vides nombreux se sont produits dans nos rangs. Quelques-uns, et des plus illustres, se sont retirés de ce monde, pleins de gloire et pleins d'années, obéissant, à la fin d'une longue carrière, aux lois inéluctables de la nature ; d'autres ont disparu prématurément, sans avoir achevé leur carrière scientifique. C'est pour nous un devoir pieux de rendre hommage à leur mémoire. Nous avons au moins la satisfaction de retrouver au milieu de nous le Président d'alors et de le saluer de nos plus chaleureuses acclamations. (*Vifs assentiments.*)

» M. Cochery compte parmi les heureux de ce monde. C'est une faveur de la fortune d'avoir pu, comme il l'a fait, associer son nom à l'une des plus grandes manifestations du progrès scientifique. (*Applaudissements.*) Le nom de M. Cochery, qui est devenu électricien par nécessité, est désormais inséparable de l'œuvre mémorable de 1881, qui a consacré l'avènement d'une industrie nouvelle.

» Je lève mon verre avec vous pour porter un toast au Président du premier Congrès international des Électriciens. » (*Plusieurs salves d'applaudissements.*)

M. AD. COCHERY. — « Messieurs, mon éminent ami, M. Mascart, me met dans un cruel embarras : j'étais venu pour prendre part à votre charmant banquet et applaudir nos Maîtres ; il vient de me combler d'éloges, d'éloges excessifs, il m'oblige à l'en remercier et à confesser qu'il m'a rendu confus tant il a exagéré le peu que j'ai fait. Mais il me rend un service, c'est de me permettre de prendre la parole pour vous témoigner ma gratitude de l'honneur que vous m'avez fait en m'appelant à la Présidence d'honneur de votre Congrès.

» Je vous en suis profondément reconnaissant et j'en garderai le précieux souvenir ; j'en suis même fier, s'il faut vous l'avouer : c'est la compensation des quelques désagréments qu'on trouve trop souvent dans la vie publique. C'est aussi un nouveau lien qui m'attache à cette science de l'Électricité, qui a déjà tant donné au monde et qui promet encore plus.

» Je vous propose donc de lever vos verres en l'honneur de l'Électricité, de vous tous, Électriciens, qui êtes venus de si loin prendre part à ce Congrès : buvons aux progrès de la Science électrique. (*Applaudissements.*)

» Ceux d'entre vous qui participèrent au Congrès de 1881 se rappellent que, lorsqu'à la fin de ses travaux j'ai dû en prononcer la clôture, je me suis refusé à vous dire adieu, — et que je vous ai seulement dit : au revoir !

» J'avais bien raison ; car vous venez d'assister au Congrès de 1889, et vous en verrez bien d'autres ! C'est que la Science électrique marche, progresse sans cesse ; que, tous les jours, il se révèle de nouvelles applications aux industries et aux arts. Mais toutes les observations et découvertes que font les Maîtres, comme Sir William Thomson, ici présent, celles que font les plus modestes d'entre vous, il est nécessaire de les diriger vers un foyer commun ; c'est à cela que tendent les Congrès et c'est pourquoi l'avenir nous en réserve heureusement beaucoup d'autres.

» Cependant, s'il m'était permis de hasarder une idée, de vous confesser un de mes vœux, je voudrais vous voir fonder une vaste Association universelle internationale des Électriciens, afin que vous soyez à même de tirer meilleur parti de chaque progrès qui se produit dans quelque coin du monde que ce soit, de chaque nouveau pas que fait la Science électrique.

» Fonder cette Association, l'établir sur de larges bases, ce serait féconder puissamment cette force inconnue qui circule dans le monde et qui, dirigée par la Science, ne demande qu'à se plier aux volontés et aux besoins de l'industrie et des arts.

» Je vous convie donc à boire à tous ceux qui sont venus prendre part au Congrès d'Électricité, à cette Science féconde et pacifique qui contribue si puissamment à la grandeur des Nations ! » (*Applaudissements prolongés.*)

M. A. STOLETOW. — « Messieurs, la semaine que nous venons de passer a été d'un charme tout particulier. Au milieu des merveilles de cette grande Exposition, merveilles qui écrasent un peu l'esprit en nous faisant sentir la faiblesse de l'individualité en face de l'humanité, de la civilisation, nous avons trouvé un nid à part, où nous étions chez nous, où nous avons pu nous reposer et nous recueillir en rentrant dans le cercle d'idées qui nous sont chères et familières. Et, ce faisant, nous éprouvions le sentiment d'avoir contribué pour notre part aux progrès de cette même civilisation dont l'Exposition de 1889 est un si puissant emblème. Ce flottement de l'esprit entre une tendance vers l'infini et le varié et une tendance opposée qui nous conviait au recueillement a quelque chose de ravissant.

» Toutes ces sensations, toutes ces jouissances de l'esprit, nous les devons principalement à un groupe de personnes qui se sont vouées à l'organisation de cette magnifique Exposition et au Congrès international des Électriciens.

» Messieurs, je bois à la santé de ces brillants organisateurs, et en premier lieu, à la santé de MM. G. Berger et Mascart ! » (*Applaudissements.*)

M. ABDANK-ABAKANOWICZ. — « Je prends la parole au nom de nos amis des États-Unis que je vois autour de cette table. Je ne suis qu'un simple interprète de leurs sentiments vis-à-vis des membres du Congrès réunis à ce festin, des sentiments que vous devez bien deviner.

» Vous avez remarqué, dès le début de ce Congrès, combien vivement gravé dans notre esprit était le souvenir du Congrès et de l'Exposition de 1881, combien de fois dans ces derniers jours nous nous sommes rappelé des travaux de cette époque, et combien de fois les faits et gestes de ce temps étaient le pivot de nos conversations intimes.

» Nous avons à notre table les initiateurs et les organisateurs de cette admirable Exposition de 1881.

» Aux hommages déjà rendus à cette réunion mémorable, nous voulons ajouter l'hommage enthousiaste des électriciens américains, qui, plus que personne, ont bénéficié des résultats obtenus, et qui voudraient encore une fois exprimer leur admiration pour l'esprit d'initiative qui a animé les travailleurs de 1881, pour la fécondité de leurs efforts, pour l'inspiration suggérée aux inventeurs présents.

» Ainsi que cela a déjà été répété plusieurs fois ici, dans l'histoire des sciences, la date de 1881 sera considérée comme l'une des plus glorieuses et des plus fécondes en résultats, comme une date à tout jamais mémorable.

» Nous rendons hommage à son souvenir.

» Dans trois ans les États-Unis ouvriront une Exposition universelle à laquelle nous souhaitons un succès semblable, si cela est dans le domaine des choses possibles, à celui que Paris obtient cette année. Vous avez reçu l'invitation à prendre part au nouveau Congrès électrique qui tiendra ses assises pour la première fois de l'autre côté de l'Océan, et dont l'initiative a été prise par l'Institut des Ingénieurs électriciens de New-York.

» Je crois être le fidèle interprète de nos amis des États-Unis en vous renouvelant ici cette invitation et en vous promettant un accueil chaleureux, une réception fraternelle et un séjour agréable et instructif.

» Quand vous descendrez sur la terre libre d'Amérique, où vous trouverez tant de souvenirs français qui feront accélérer les battements de votre cœur, vous serez considérés comme des frères auxquels on doit les fondations, les bases scientifiques solides sur lesquelles est bâtie la merveilleuse industrie électrique, cette industrie que vous avez vu naître ici, et qui, aux États-Unis, a pris depuis ce temps-là et grâce au Congrès de 1881 des proportions grandioses.

» Messieurs, vous serez les bienvenus dans toute l'acception de ce mot. »

(Applaudissements).

Enfin, M. TURRETTINI, délégué de la Suisse, porte le toast suivant :

« Messieurs, je n'ai pas à vous faire ici l'éloge de notre Président. Vous avez tous encore présent à la mémoire le remarquable discours qu'il nous a tenu ce matin, discours où il a résumé avec l'esprit qui le caractérise les travaux de notre Congrès. En le remerciant ici, je sais que je suis l'organe non seulement des membres étrangers, mais de tous ceux qui ont assisté aux travaux de cette semaine.

» A côté de lui, nous devons témoigner notre reconnaissance à la Société internationale des Électriciens, qui, guidée par son éminent Président, M. le colonel Sébert, a si bien su préparer l'œuvre dont nous célébrons ce soir l'accomplissement. Je n'oublierai pas, non plus, les travailleurs énergiques qui, consacrant leurs nuits à leur tâche, nous ont donné chaque matin, véritable tour de force, un résumé si bien fait des travaux de la veille. Honneur en soit rendu à notre Secrétaire, M. Hospitalier, et à sa vaillante cohorte d'amis et d'élèves !

» Quant à M. Carpentier, il s'est montré excellent organisateur et a su nous prouver qu'il était aussi fort pour préparer cet excellent banquet que pour déterminer l'*ohm légal*.

» Messieurs, je vous propose de boire à la santé de tous ceux qui ont préparé et dirigé le Congrès des Électriciens de 1889, depuis son illustre Président, M. Mascart, jusqu'à son plus modeste collaborateur. » *(Applaudissements.)*

Les Membres du Congrès se sont alors répandus dans les salons voisins, et la réunion, empreinte de la plus grande cordialité, s'est prolongée jusqu'à minuit. Rendez-vous a été pris pour le prochain Congrès international des Électriciens.

II. Balances électriques automatiques. — M. William Snelgrove a récemment inventé une balance automatique électrique qui figure à l'Exposition du Champ-de-Mars. La pesée se fait à l'aide d'un poids qui se déplace sur le fléau d'une romaine. Le corps à peser étant mis dans le plateau établit un contact qui ferme le circuit d'une pile logée dans le pied de l'appareil. Un moteur électrique vient alors déplacer le contre-poids qui s'arrête quand l'équilibre est atteint. Le chiffre correspondant au poids apparaît devant une fenêtre. Lorsqu'on enlève le corps pesé, tout revient en état pour une nouvelle pesée.

En France, M. Maquaire a combiné une balance qui est, en principe, tout à fait identique à la précédente, mais dont nous n'avons pas vu d'exemplaire jusqu'ici.

III. Poste aux lettres électrique. — Nous avons indiqué, dans un précédent *Bulletin*, les travaux de plusieurs ingénieurs américains pour le transport électrique rapide des lettres et colis.

Voici de nouvelles indications à cet égard.

Des essais satisfaisants ont été faits à Laurel (États-Unis) pour transporter rapidement les lettres dans un wagon mù par un moteur électrique. La Compagnie concessionnaire de l'exploitation de ce système, dû à M. Weems, n'a fait d'essais que sur une distance de 3^{km}, mais elle se propose d'en essayer l'application sur une plus grande échelle. Il convient d'ajouter que la voie présentait des rampes, dont une de 24^m par kilomètre.

Le wagon contenant le courrier mesure 6^m de long sur 1^m de large, et l'on a donné à sa partie antérieure la forme d'un fuseau; le moteur et les roues sont invisibles extérieurement, et, dans les essais qui eurent lieu, la vitesse atteignit 3^{km} à la minute. Dans ces conditions, la pression de l'air sur la partie antérieure du wagon est considérable, ce qui nécessite la forme en fuseau dont nous avons parlé; et, afin d'éviter un déraillement, la partie supérieure du wagon est inclinée sur l'horizontale, de telle sorte que la pression de l'air tend à appuyer les roues sur les rails.



BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

La *quarante-neuvième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 4 Décembre 1889**, à 8^h30^m *précises* du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du **mercredi 6 Novembre 1889.**

PRÉSIDENCE DE M. LE COLONEL SÉBERT.

La séance est ouverte à 8^h30^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 409).

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Ayau (Manuel), Ingénieur des chemins, canaux et ports d'Espagne, à Guatemala (Amérique centrale). — Présenté par MM. A. de Arcos et A. Sabourain.

Chardonnet (comte Hilaire de), ancien Élève de l'École Polytechnique, 24, rue des Capucines, à Paris. — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et A. Sabourain.

Chaye (Théophile-Joseph-Eugène), Lieutenant de vaisseau, attaché à la Direction générale des torpilles, 65, rue de Bourgogne, à Paris. — Présenté par MM. P. Lemonnier et Bourrut-Duvivier.

TOME VI, 1889. — N° 62.

25

MM.

- Duarte** (João-Raymundo), Ingénieur de l'administration du chemin de fer dom Pedro, 2°, 72, rua do Rosende, à Rio-de-Janeiro (Brésil). — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et A. Sabourain.
- Dvorak** (Vincent), Professeur de l'Université croate, à Agram (Autriche). — Présenté par MM. R.-V. Picou et le colonel H. Sébert.
- Garfield** (Alexander Stanley), *Thomson Electric Winding Co*, à Boston (Mass., U. S. A.). — Présenté par MM. A. Montpellier et D. Napoli.
- Hammer** (W.-J.), Ingénieur électricien, Correspondant de l'*Electrical World*, à New-York (U. S. A.). — Présenté par MM. L. Rau et R.-V. Picou.
- Jarriant** (Joseph), 10, rue Bélidor, à Paris. — Présenté par MM. F. de Nerville et A. Jarriant.
- Macquet** (A.), Ingénieur au corps des Mines, Professeur de Physique et d'Électricité à l'École des Mines du Hainaut, 22, boulevard Dolez, à Mons (Belgique). — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et A. Sabourain.
- Parsons** (Frederic Jennings), Ingénieur électricien de la *Thomson-Houston international electric Co*, à Constantinople (Turquie). — Présenté par MM. A. Montpellier et D. Napoli.
- Ponciano** (J.-F.), Ingénieur électricien, Surintendant des Télégraphes de la République de Guatemala, à Guatemala (Amérique centrale). — Présenté par MM. A. de Arcos et A. Sabourain.
- Sacquet** (Edmond), Ingénieur électricien de la maison *Sautter-Lemonnier et Cie*, 35, rue de Passy, à Paris. — Présenté par MM. G. Sautter et E. Harlé.
- Somzée** (Léon), Ingénieur honoraire des Mines, Membre de la Chambre des Représentants, 22, rue des Palais, à Bruxelles (Belgique). — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et A. Sabourain.
- Théodoru** (D.-N.), Ingénieur, Chef de bureau aux chemins de fer roumains, Professeur à l'École centrale de Télégraphie, 75, calea Grivitz, à Bucharest (Roumanie). -- Présenté par MM. J. Carpentier et A. Sabourain.
- Trouvelot** (Étienne-Léopold), Astronome à l'observatoire de Meudon (Seine-et-Oise). — Présenté par MM. R.-V. Picou et A. Sabourain.
- Turrettini** (Théodore), Ingénieur, Président du Conseil administratif de la ville de Genève, Directeur de la *Société genevoise pour la construction d'instruments de Physique*, à Genève (Suisse). — Présenté par MM. E. Mascart et le colonel H. Sébert.
- Uzel** (Pierre), Électricien, maison *Sautter-Lemonnier et Cie*, 3, rue Guichard, à Paris. — Présenté par MM. G. Sautter et E. Harlé.
- Worth** (Frederick Gouner), 41, rue des Martyrs, à Paris. — Présenté par MM. D. Napoli et M. Leblanc.
- Xifra** (Narciso), Ingénieur, Professeur à l'Institut de Barcelone, Directeur-gérant de la *Société électrique N. Xifra et Cie*, 32, Riereta, à Barcelone (Espagne). — Présenté par MM. le colonel H. Sébert et A. Sabourain.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

La réunion est informée que les dons ci-après ont été faits au

Laboratoire central d'Électricité et que des remerciements ont été adressés à leurs auteurs :

M. le Dr WERNER SIEMENS : Galvanomètre universel Siemens.

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES : Une machine Siemens à courants alternatifs.

M. E. MARGAINE : Un compteur d'eau.

MM. RICHARD frères : Un Ampèremètre et un Voltmètre enregistreurs.

M. A. AUBERT : Deux compteurs Aubert.

Il est donné lecture des documents traduits ci-après et qui émanent de l'Institution des Ingénieurs électriciens de la Grande-Bretagne :

« *Monsieur le Colonel Sébert,
Président de la Société Internationale des Électriciens, à Paris.*

» Monsieur le Président,

» Dans la première des séances qu'il a tenues depuis le mois de mai, le Conseil, vendredi dernier, a voté, à l'unanimité, la Résolution dont j'ai l'honneur de vous envoyer copie.

» J'ai été chargé, en vous la transmettant, de vous assurer que cette déclaration officielle ne peut qu'imparfaitement exprimer la profonde impression produite sur le Conseil et les Membres de l'Institution par la courtoise et hospitalière réception dont ils ont été l'objet de la part de la Société Internationale des Électriciens, et spécialement de votre part, Monsieur le Président.

» J'ai l'honneur d'être, Monsieur le Président,
votre obéissant serviteur,

» Signé : WEBB, *Secrétaire.* »

INSTITUTION OF ELECTRICAL ENGINEERS.

*Extrait du procès-verbal de la réunion du Conseil, tenue le 25 octobre 1885,
sous la Présidence de Sir William Thomson.*

« A l'unanimité, le Conseil vote les plus cordiaux remerciements du Président, du Conseil et des Membres de cette Institution à Monsieur le colonel Sébert, Président, au Conseil, aux Secrétaires et aux Membres de la Société Internationale des Électriciens pour la récep-

tion vraiment amicale qui leur a été faite à l'occasion de leur visite à Paris au mois d'août dernier.

» Il décide d'envoyer copie de cette résolution au Président de la Société Internationale des Électriciens. »

M. le Président propose d'y répondre par un vote aussi pris en séance et l'Assemblée, consultée, vote à l'unanimité le texte ci-dessous, pour être transmis à l'*Institution of Electrical Engineers* :

« La Société Internationale des Électriciens a reçu communication de la résolution votée par le Conseil de l'Institution des Ingénieurs Électriciens de la Grande-Bretagne, dans sa séance du 25 octobre, pour la remercier de l'accueil fait par elle à ceux des Membres de cette Institution qui sont venus à Paris, au mois d'août dernier, à l'occasion de l'Exposition universelle et du Congrès des Électriciens.

» Touchée de la délicate attention qui a inspiré cette communication, elle remercie le Président, le Conseil et les Membres de l'Institution des sentiments qu'ils expriment, et leur envoie un nouveau témoignage de son vif désir de conserver toujours avec eux les mêmes cordiales relations. »

M. le PRÉSIDENT. — « Au moment où notre Société reprend ses séances après des vacances qui, pour beaucoup d'entre nous, ont été une période de rude labeur, je ne puis passer sous silence l'événement capital qui a marqué pour notre pays, comme pour notre Société, cette année à jamais mémorable.

» L'Exposition universelle, dont la clôture a lieu en ce moment même, a été pour la France un triomphe pacifique sans précédent, et nous sommes en droit d'espérer qu'elle portera, pour l'avenir de l'humanité, des fruits durables et précieux.

» Pour notre Société, elle a été aussi l'occasion d'un succès dont nous pouvons nous féliciter. Elle nous a permis d'affirmer notre vitalité et de montrer la force des sentiments d'union qui nous animent dans une pensée commune : le développement de la Science électrique sans acception des frontières qui séparent encore les peuples.

» Le concours que nous avons pu apporter au Congrès des Électriciens, dont la réussite a été si brillante ; l'accueil si bien apprécié que nous avons pu faire aux hôtes nombreux qui sont venus nous vi-

siter, et qui étaient les adeptes de la même confraternité scientifique, doivent nous confirmer dans nos traditions de concorde et de travail en commun.

» Nous devons aussi être heureux des succès personnels obtenus par les membres de notre Société, et je crois être votre interprète à tous en adressant nos félicitations à tous ceux qui, dans ce grand concours international, ont obtenu les récompenses ou les distinctions qui leur étaient dues et, en première ligne, à M. Mascart, qui a si dignement présidé le Congrès des Électriciens et le jury de la classe 62 et qui, comme il était juste, tient la tête de la liste de ces récompenses. »
(*Applaudissements.*)

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

**APPLICATION DU SYSTÈME ENREGISTREUR RICHARD FRÈRES AUX APPAREILS
DE MESURE ÉLECTRIQUE.**

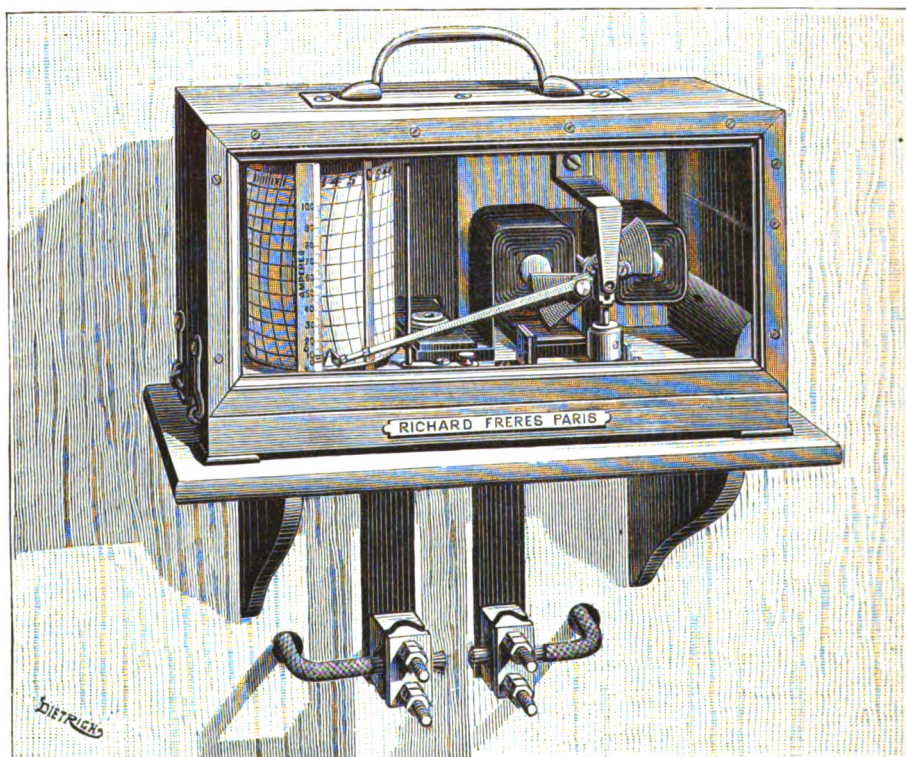
M. F.-M. RICHARD. — « L'éclairage et les industries électriques ayant pris un développement considérable depuis que nous avons inventé notre système enregistreur, nous avons été sollicités de l'appliquer aux instruments de mesure. S'il est, en effet, un phénomène dont il est utile d'enregistrer la manifestation, c'est l'électricité. Nous avons donc rendu enregistreurs les différents types de galvanomètres en usage, et particulièrement le galvanomètre Deprez-d'Arsonval, les ampèremètres Deprez, dits *à arêtes de poisson*, les voltmètres et ampèremètres Javaux, les voltmètres Hummel, enfin les wattmètres ou électrodynamomètres. En étudiant ces applications, nous avons été conduits à rechercher un galvanomètre plus énergique et plus solide, et nous avons trouvé un système dans lequel nous n'employons pas d'aimant permanent et qui ne présente qu'extrêmement peu d'hystérésis.

» *Galvanomètre industriel système Richard frères.* — Ce système consiste en un électro-aimant à deux bobines dont les noyaux, aimantés par le passage du courant dans le fil qui les entoure, agissent sur une double palette de fer doux montée sur un axe parallèle à celui des bobines.

» Cette palette présente cette particularité qu'elle est cambrée, sa surface étant gauche et inclinée par rapport au plan passant par

l'extrémité des noyaux; elle tend donc à tourner sous l'effet du raccourcissement des lignes de force magnétique. Les galvanomètres ainsi construits ont une énergie motrice considérable. Ils peuvent de plus être réglés sur une division donnée d'avance. Il suffit pour cela de modifier la cambrure de l'armature. C'est là un avantage sérieux; car il est utile, pour la facilité des lectures, d'avoir des

Fig. 1.



Ampèremètre enregistreur de 100 ampères.

feuilles à diagrammes imprimées. Or il serait, en pratique, absolument impossible de graver et de conserver une planche par appareil en service. Enfin, les déplacements de la plume, rigoureusement proportionnels au courant mesuré à partir du premier cinquième de la division totale, sont, de 0 à ce premier cinquième, dans une proportion connue. Le calcul des aires de diagrammes devient dans ces conditions, extrêmement facile.

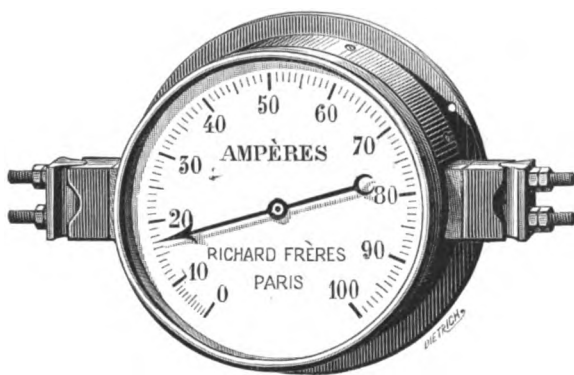
» Nos voltmètres sont établis pour rester constamment dans le

circuit. A cet effet, la résistance est faite avec du fil de maillechort dont la section est calculée pour être beaucoup plus que suffisante pour le passage du courant permis par la résistance. Les appareils ainsi établis ne chauffent pas, et leurs indications doivent être considérées comme rigoureusement exactes. Ils ne consomment pour leur fonctionnement que $0^{\text{amp}}, 07$. Leur mode de construction a l'inconvénient d'être plus cher, puisqu'il nécessite une grande quantité de fil, mais il met les instruments à l'abri de toute critique.

» A première vue, on peut croire que les dimensions que nous avons données aux noyaux de fer doivent produire beaucoup d'hystérésis, mais il faut remarquer que nous avons une grande distance d'entrefer qui le détruit presque complètement. Nous employons, de plus, des fers doux recuits avec des soins tout particuliers.

» Les grandes Sociétés électriques ont fait une large application de ces divers instruments dans leurs installations. Dans une station centrale, en effet, ils contrôlent non seulement le travail du personnel, mais encore ils avertissent du moment où la tension et l'intensité du courant compromettent la sécurité des appareils.

Fig. 2.



Galvanomètre industriel à grande marche.

» L'ingénieur se trouve donc avoir entre les mains un témoin dont les indications lui donneront toujours l'état exact de la station à un instant quelconque, le contrôle de toute la période d'éclairage, le moment et la valeur de la production maximum et minimum, le fonctionnement des machines, la vigilance des employés, les causes

d'accidents qui ont pu se produire et les moyens de dégager sa responsabilité.

» Profitant de la grande énergie que possède ce système, nous construisons des voltmètres et des ampèremètres à cadran, dont les aiguilles parcourent un angle de 270° , au lieu de ne se déplacer, comme dans tous les appareils similaires, que d'un angle de 90° au plus.

COMPTEURS D'ÉLECTRICITÉ.

» Les galvanomètres enregistreurs dont nous venons de donner la description sont d'excellents compteurs, puisqu'il suffit de calculer l'aire du diagramme donné par un ampèremètre ou par un wattmètre pour obtenir le total des ampère-heures ou des watt-heures fournis. Le dépouillement des diagrammes, rendu facile par l'emploi de notre planimètre, a l'avantage de donner toute satisfaction aussi bien aux Compagnies électriques qu'aux consommateurs. Cependant, nous avons dû établir, pour répondre aux besoins des distributions urbaines, un compteur d'électricité proprement dit.

» *Compteur Richard frères.* — Notre compteur d'électricité, qui présente cette qualité de fonctionner d'une façon continue au lieu de ne totaliser qu'à des intervalles de temps espacés, se compose d'un système électrique faisant tourner deux plateaux en fonction du temps, et d'un galvanomètre déplaçant une roulette proportionnellement au courant consommé par une canalisation.

» Comme il est impossible de demander à un galvanomètre la force nécessaire au déplacement de la roulette, nous avons recours à un servo-moteur électrique actionné par le galvanomètre. Ce servo-moteur a dès lors la puissance nécessaire pour éloigner ou ramener constamment la roulette à la place correspondant à l'intensité du courant à totaliser.

» La tige de la roulette fait tourner, au moyen d'une vis sans fin, une roue tangentielle proportionnellement au produit cherché, et un compteur à cadrans indique le total soit des watt-heures, soit des ampère-heures suivant le galvanomètre employé.

» L'appareil est construit de la manière suivante :

» Un galvanomètre a son aiguille placée, avec un léger jeu, entre deux vis fixes formant contacts. Dès qu'un courant passe dans le

galvanomètre, l'aiguille se déplace et vient toucher le contact de gauche, par exemple. Un circuit de dérivation se trouve ainsi fermé et actionne le servo-moteur, qui se met à tourner dans un certain sens. En tournant, il bande un ressort qui agit sur l'aiguille pour la ramener à sa position première, ce qui a lieu dès que la force du ressort fait équilibre à l'effort développé par le passage du courant dans le galvanomètre. L'aiguille quitte alors le contact sur lequel elle appuyait et se retrouve entre les vis fixes sans toucher à aucune.

» En même temps que le servo-moteur a bandé le ressort, il a amené la roulette sur le rayon des plateaux d'intégration correspondant à la valeur du courant mesuré.

» Lorsque le courant diminue, l'aiguille vient toucher la vis de droite, fait passer le courant de dérivation dans le servo-moteur, qui détend le ressort jusqu'à ce que l'aiguille se détache à nouveau de ce contact. La roulette, en même temps, a rétrogradé vers le centre.

» On voit que le servo-moteur n'entre en fonction que lorsqu'il y a une *variation* dans la valeur du courant. Tant que celle-ci est constante, l'aiguille du galvanomètre ne touche aucun contact, le servo-moteur est au repos, la tension du ressort est la même, et la roulette reste à la distance du centre où elle a été amenée. Dès qu'il y a changement, l'aiguille bute sur l'un des contacts, le servo-moteur tourne soit à droite, soit à gauche, le ressort est bandé ou débandé, et la roulette ramenée ou éloignée du centre des plateaux.

» On fait commander la tension du ressort par le servo-moteur au moyen d'une came dont le profil permet de corriger les différences du galvanomètre. Cela est évidemment nécessaire, puisqu'il faut que les déplacements de la roulette soient proportionnels, quel que soit l'appareil de mesure employé. Celui-ci peut, d'ailleurs, être aussi délicat qu'on le veut, puisqu'on ne lui emprunte aucune force.

» Ce système de déplacement de l'aiguille entre deux contacts électriques est une application du procédé que nous avons breveté en 1886, pour la transmission à distance des indications thermométriques ou autres.

» Le galvanomètre à servo-moteur ayant une grande puissance, notre compteur peut non seulement fournir le total de la quantité consommée, mais encore être muni d'un style enregistreur, lequel

écrit le diagramme de l'intensité du courant sur un cylindre qui tourne en fonction du temps. Le compteur enregistreur a donc l'avantage de donner non seulement la quantité consommée, mais la façon dont l'abonné a consommé cette quantité.

CONTROLEUR DE COURANT ÉLECTRIQUE.

» Nous avons construit, à l'usage des fabricants de câbles électriques établis pour les distributions d'éclairage, un appareil qui permet de savoir si l'on fait passer dans un câble placé et vendu avec garantie une quantité de courant supérieure à celle pour laquelle il a été calculé. L'appareil indique en même temps le temps pendant lequel on a fait passer ce courant. Il est construit au moyen d'un galvanomètre, qui déclenche mécaniquement, dès que l'intensité maximum est dépassée, un mouvement d'horlogerie. Celui-ci marche tant que l'intensité est trop grande; dès qu'elle revient aux limites voulues, le galvanomètre arrête l'horloge. L'appareil étant placé sur une canalisation et cadenassé, le fournisseur du câble a toujours un moyen de contrôle. Si une réclamation lui était faite, il lui suffit de visiter l'appareil, et les responsabilités peuvent être ainsi régulièrement réparties. »

M. le Président remercie MM. Richard frères.

DISCUSSION.

La discussion amène M. R. Arnoux à la tribune au sujet du totalisateur à roulette employé par MM. Richard frères dans leurs compteurs d'électricité.

Il fait observer que Poncelet et le général Morin ont signalé dès l'origine les causes d'erreurs auxquelles donne lieu l'emploi de ce dispositif d'intégration mécanique. Tous les expérimentateurs qui se sont servis avec soin du plateau à roulette ont en effet constaté que ses indications sont d'autant plus inexactes que les déplacements transversaux de la roulette sont plus variables, et qu'elle fonctionne plus près du centre du plateau. On observe même que, dans le voisinage de ce centre, la roulette cesse complètement de tourner, et cela quelle que soit la pression exercée par celle-ci sur

le plateau. M. Arnoux dit qu'on peut aisément s'expliquer ce fait en observant que, le plateau étant un cône droit dont l'angle d'ouverture est de 180° , il faut, pour qu'il y ait *roulement sans glissement* tout le long de la génératrice de contact, que la roulette appartienne à un cône également dont l'axe passe constamment par le centre du plateau. Or, comme celle-ci appartient à un cylindre, puisque son axe est parallèle au plan du plateau, il en résulte que ses bords extrêmes glissent au lieu de rouler, circonstance qui diminue son adhérence. Ces glissements ne produiraient aucun retard dans le mouvement de la roulette, si la résistance opposée par les rouages du compteur était rigoureusement nulle; mais comme cela ne peut avoir lieu en pratique, il y a une perte de tours inévitable.

La disposition imaginée par MM. Richard, et qui consiste à entraîner la roulette en la pressant entre deux plateaux tournant en sens inverse, est certainement très rationnelle en ce sens qu'elle permet d'augmenter autant qu'on veut la pression de la roulette sur les plateaux, sans augmenter parallèlement son poids ou les frottements exercés sur ses pivots. Mais M. Arnoux, observant que les frottements des bords extrêmes de la roulette, et qui sont ceux qui glissent, sont nécessairement proportionnels aux pressions exercées, ne croit pas que le dispositif à deux plateaux de MM. Richard permette d'éviter complètement les glissements de la roulette, parce que celle-ci appartient toujours à un cylindre, au lieu d'appartenir à un cône, comme cela est nécessaire pour réaliser un roulement parfait.

Comme cette question intéresse particulièrement les ingénieurs électriciens qui ont à s'occuper de mesures, M. Arnoux se propose de faire connaître ultérieurement les différentes solutions qui ont été proposées pour remédier à cet inconvénient, et entre autres la disposition à deux roulettes, fonctionnant loin du centre du plateau, de M. J.-N. Raffard et qui possède la précieuse propriété de contrôler rigoureusement les glissements.

M. F.-M. Richard, reprenant la parole, dit que M. Arnoux fait avec raison le procès du système d'intégration basé sur l'emploi d'un plateau et d'une roulette, mais que tous les inconvénients que ce procédé présentait disparaissent par l'emploi de deux plateaux

tournant en sens inverse et laminant la roulette de façon à éviter tout glissement. Répondant à une objection qui avait été faite concernant la différence d'action en avant et en arrière de l'épaisseur de la roulette, il explique que cette différence est nulle, la partie extérieure ayant une forme rigoureusement sphérique et les contacts étant deux points mathématiques. Cela est d'autant plus exact que le galet est en acier trempé au mercure et poli au rouge et que les plateaux en cuivre sont également parfaitement polis. S'il y avait une action quelconque de ce genre, les plateaux en porteraient évidemment la trace, puisqu'il ne pourrait y avoir glissement sans qu'il y ait usure. Or, des indicateurs de vitesse dans lesquels ce système est employé pour diviser d'une façon continue l'espace parcouru par le temps $\left(V = \frac{e}{t}\right)$ n'ont présenté, après plusieurs mois de service continu, aucune altération du brillant des plateaux. Deux expériences des plus concluantes ont d'ailleurs été faites. La première consiste à employer ce même système pour l'établissement d'un planimètre et à chercher avec cet appareil la surface d'une courbe, le galet étant près du centre, puis la même surface, le galet loin du centre. Les résultats concordent parfaitement. La deuxième expérience est faite en employant toujours les deux plateaux et la roulette, mais en les utilisant comme transmission de mouvement appliquée à un cylindre enregistreur, sur lequel un chronographe trace un trait à des intervalles de temps égaux. Les plateaux tournant en fonction du temps au moyen d'un régulateur isochrone, on voit immédiatement que, s'il y avait le moindre glissement, la distance séparant les traits du chronographe ne serait pas constante. Il a suffi de faire l'essai pour montrer que, quelle soit la distance qui sépare la roulette du centre, pour une même position le mouvement du cylindre enregistreur est absolument constant.

M. J. Richard demande la parole pour confirmer ce fait. Toute l'attention de MM. Richard frères, depuis plus de deux ans qu'ils ont adopté ce système, s'est attachée à l'étude de son fonctionnement. Ils l'ont appliqué à plusieurs appareils très différents les uns des autres, et les expériences les plus rigoureusement conduites ont prouvé qu'il n'y avait aucun glissement de la roulette, si près du centre

qu'elle fût placée. Si des observateurs ont rencontré cet écueil, c'est qu'ils n'employaient qu'un plateau, et qu'en augmentant la pression ils allaient à l'encontre du résultat en augmentant également le frottement sur les tourillons. M. J. Richard fait remarquer qu'il n'y a plus de tourillons, la roulette est libre dans l'espace. Ce sont les plateaux qui la maintiennent simplement, en tournant en sens inverse l'un de l'autre avec la même vitesse. Le frottement se trouve donc supprimé, tandis que l'entraînement du galet est doublé par les deux actions simultanées des plateaux.

Il faut évidemment que les appareils soient bien construits, que les deux plateaux soient rigoureusement concentriques et le plan du galet exactement perpendiculaire à leur surface ; mais, ces conditions remplies, les instruments justifient le nom d'*absolus* que MM. Richard leur ont donné. La pratique l'a prouvé après deux années d'emploi courant.

Concernant le système préconisé par M. Raffard, il n'y a qu'une objection à faire : c'est qu'il est plus compliqué et plus difficile à mettre en pratique. Ce qu'il est utile de donner aux ingénieurs, ce sont des instruments solides, indéréglables et d'un prix peu élevé. Ces conditions sont absolument remplies par le système de MM. Richard frères.

La séance est levée à 10^h10^m du soir.

Congrès international des Électriciens.

Nous publions ci-dessous les décisions prises par le Congrès international des Électriciens, et qui ont été adoptées dans le dernier meeting tenu par l'*Association pour l'avancement des Sciences* :

PREMIÈRE SECTION. — Unités. — Mesures.

L'unité pratique du travail est le JOULE. Il est égal à 10^7 unités C. G. S. de travail. C'est l'énergie dépensée pendant une seconde par un ampère dans un ohm. (Adopté à l'unanimité.)

L'unité pratique de puissance est le WATT. Il est égal à 10^7 unités C. G. S. de puissance. Le watt est égal à un joule par seconde. (Adopté à l'unanimité.)

Dans la pratique industrielle, on exprimera la puissance des machines en kilowatts, au lieu de l'exprimer en chevaux-vapeur. (Adopté à l'unanimité.)

Pour évaluer l'intensité d'une lampe en bougies, on prendra comme unité pratique, sous le nom de BOUGIE DÉCIMALE ⁽¹⁾, la vingtième partie de l'étalon absolu de lumière défini par la Conférence internationale de 1884. (Adopté à l'unanimité.)

DEUXIÈME SECTION. — Applications industrielles.

L'unité pratique de coefficient d'induction est le QUADRANT

$$1 \text{ quadrant} = 10^9 \text{ centimètres.}$$

La PÉRIODE d'un courant alternatif est la durée d'une oscillation complète.

La FRÉQUENCE est le nombre de périodes par seconde.

L'INTENSITÉ MOYENNE est définie par la relation

$$I_{\text{moy}} = \frac{1}{T} \int_0^T I \, dt.$$

L'INTENSITÉ EFFICACE est la racine carrée du carré moyen de l'intensité du courant.

La FORCE ÉLECTROMOTRICE EFFICACE est la racine carrée du carré moyen de la force électromotrice.

⁽¹⁾ La bougie décimale ainsi définie se trouve être très sensiblement égale à la bougie anglaise (*Candle standard*) et au dixième de la carcel.

La RÉSISTANCE APPARENTE est le facteur par lequel il faut multiplier l'intensité efficace pour avoir la force électromotrice efficace.

Dans un accumulateur, la plaque positive est celle qui est reliée au pôle positif de la machine pendant la charge, et qui est le pôle positif pendant la décharge.

Le Congrès recommande comme moyen de déterminer le degré d'incandescence d'une lampe la méthode proposée par M. Crova et adoptée par la deuxième Section.

Ces diverses propositions sont adoptées à l'unanimité.

TROISIÈME SECTION. — Télégraphie. — Téléphonie. — Signaux.

Le double fil est adopté pour les réseaux téléphoniques urbains et les lignes interurbaines.

On désigne par l'appellation d'INTERURBAINE toute communication téléphonique donnée entre deux abonnés ou cabines publiques faisant partie de groupes différents.

Ces deux propositions sont adoptées à l'unanimité.

Distinctions honorifiques.

Les Membres de la Société dont les noms suivent ont été nommés ou promus dans l'ordre de la Légion d'honneur :

A la dignité de grand-officier.

SIR WILLIAM THOMSON, Professeur à l'Université de Glasgow.

Au grade de commandeur.

MM. MASCART (E.), Membre de l'Institut, Professeur au Collège de France,
Directeur du Bureau Central Météorologique.

NÆYER (de), Ingénieur-Constructeur.

Au grade d'officier.

MM. AYLMER (John), Ingénieur civil.

DECAUVILLE aîné, Ingénieur-Constructeur.

FONTAINE (Hippolyte), Ingénieur-Électricien, Vice-Président de la
Société Internationale des Électriciens.

GARIEL (C.-M.), Professeur à la Faculté de Médecine, Vice-Président
de la *Société Internationale des Électriciens.*

GARNIER (Paul), Horloger-Électricien.

MM. HERSCHER, Ingénieur-Constructeur.

MÉNIER (Henri), Fabricant de câbles électriques.

PREECE (William-Henry), F. R. S., M. Inst. C. E.

Au grade de chevalier.

MM. ABDANK-ABAKANOWICZ, Ingénieur-Électricien.

ARMENGAUD (Eug.), Ingénieur civil.

BEAU (Henri), Fabricant d'appareils d'éclairage.

BERTHON (A.), Directeur de la *Société Générale des Téléphones*.

CANCE (Al.), Ingénieur-Électricien.

DESROZIERS (E.), Ingénieur-Électricien.

FAURE (Pierre), Constructeur-Mécanicien.

GOUNOUILHOU, Imprimeur.

MOREAU (M.-F.), Ingénieur civil des Mines, Ingénieur du Service des Sections étrangères à l'Exposition universelle de 1889.

MOUCHEL (J.-O.), Fabricant de fils de cuivre pour télégraphie.

PEZZER (D^r DE), Organisateur de la Classe 14 (Médecine et Chirurgie) à l'Exposition universelle de 1889.

PICOU (R.-V.), Ingénieur des Arts et Manufactures, Secrétaire général de la *Société Internationale des Électriciens*.

ROUART (Al.), Constructeur-Mécanicien.

SAUTTER (G.-E.), Constructeur de phares électriques.

SCIAMA (Gaston), Directeur de la maison Bréguet.

SOLVAY (Ernest), Industriel.

THÉNARD (Baron A.), Chimiste-Agriculteur.

TRESCA (Gustave), Ingénieur-Adjoint au Conservatoire national des Arts et Métiers.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889.

Additions au Tableau des récompenses obtenues par les Membres de la Société Internationale des Électriciens (Exposants).

CLASSE 11.

Médaille d'or.

MM.

DUJARDIN (P.-J.-R.).

CLASSE 62.

Médaille d'or.

FAURE (C.-A.).

Médaille d'or (suite).

Société l'Éclairage électrique.

Médailles d'argent.

MM.

DUJARDIN (P.-J.-R.).

POLLAK (Ch.-F.).

Récompenses décernées aux collaborateurs.

CLASSE 13.

Instruments de Précision.

Médailles d'or.

MM.

DINI (U.).

VIOLET (L.).

CLASSE 43.

Produits chimiques.

Médaille d'or.

TESSIER (J.).

Médaille de bronze.

ROQUIGNY (A.).

CLASSE 61.

Matériel de Chemins de fer.

Médailles d'argent.

CLAUDE.

JOUSSELIN (P.-L.).

Médaille de bronze.

NOBLET.

CLASSE 62.

Électricité.

Médailles d'or.

CHAPERON (Ch.-E.).

DUCOUSSO (Th.).

DUMONT (G.).

Médailles d'or (suite).

MM.

GILQUIN (H.).

HEILMANN (J.-J.).

PICOU (R.-V.).

RAFFARD (N.-J.).

SACQUET (E.).

SARTIAUX (Eug.).

Médailles d'argent.

BRAULT (C.).

DESARCES (P.).

DINI (U.).

NOBLET.

PERRIN (A.).

TESSIER (J.).

VERNES (A.).

Médailles de bronze.

CORNET (J.).

MOUSSETTE.

UZEL (P.).

CLASSE 63.

Matériel de Navigation et de Sauvetage.

Médaille d'or.

Le capitaine KREBS.

Médaille d'argent.

DINI (U.).

CHRONIQUE SCIENTIFIQUE.

Sommaire. — I. La traction électrique en Angleterre. — II. Usine municipale d'électricité des Halles. — III. Phénomènes électro-actiniques présentés par le sélénium. — IV. Le phare électrique de Hantsholm. — V. Nouvelle torpille électrique. — VI. Contribution à la théorie des accumulateurs. — VII. Un train frappé par la foudre. — VIII. Phénomènes électriques produits par les radiations solaires. — IX. Lampe à arc Kremenetsky. — X. Prix de revient de l'éclairage à incandescence par accumulateurs. — XI. L'éclairage électrique à Montevideo. — XII. Nouvelle sonnerie électrique. — XIII. Voltmètre à l'ande. — XIV. Appareil mesureur des radiations électriques.

I. La traction électrique en Angleterre. — Une ligne souterraine à traction électrique, d'une longueur de 5^m, destinée à relier la cité de Londres au faubourg de Clapham, sera prochainement inaugurée. La voie consiste en un système de deux tunnels de 3^m,20 de diamètre, courant tantôt parallèlement, tantôt l'un au-dessus de l'autre, dont les parois sont en fonte, et posés au fur et à mesure de l'avancement du front d'attaque. Le matériel se composera de 14 locomotives électriques capables de développer une puissance de 100 chevaux, c'est-à-dire de haler un train de trois voitures complètes à une vitesse de 40^{km} à l'heure et à démarrer, au départ, à une vitesse convenable. Les chaudières et moteurs à vapeur, qui seront installés au terminus de Clapham (Stockwell), seront d'une puissance de 1000 chevaux, et l'énergie électrique sera produite par 3 dynamos Edison-Hopkinson. Le conducteur sera placé au haut du tunnel; il sera recouvert de plomb, et la prise du courant sera effectuée par le système Hopkinson adopté à Bressbroeck. Une installation séparée fournira l'éclairage des stations et des voitures des trains. Les trains se succéderont à des intervalles de trois minutes.

(*Bulletin de l'Electricité.*)

II. Usine municipale d'électricité des Halles. — Le Conseil municipal de Paris, à la suite d'un incendie qui détruisit les marchandises accumulées dans les caves des Halles, décida la création d'une station municipale pour l'éclairage électrique des pavillons et des sous-sols. Ce premier projet fut transformé quand la Ville accorda des concessions à un certain nombre de Sociétés particulières, et il fut décidé que la station municipale des Halles fournirait aussi l'éclairage public et privé : le but du Conseil municipal de Paris était de créer une station modèle qui lui permit de comparer les prix de revient de l'éclairage par le gaz et par l'électricité et d'évaluer le prix de ventilation rationnel de l'énergie électrique. Actuellement, les particuliers payent 0^{fr},15 les 100 watt-heures.

Les Halles se composent de dix pavillons identiques répartis sur deux lignes parallèles et divisés par une allée principale en deux groupes, l'un de quatre et l'autre de six : l'usine est établie dans un des sous-sols qui se trouvent sous chaque pavillon; elle est destinée à desservir par deux réseaux distincts à basse tension : l'éclairage des Halles par 180 régulateurs de 5 ampères (30 carcels en moyenne) et 450 lampes à incandescence de 16 bougies placées dans les sous-sols; puis l'éclairage public et privé

à faible distance (900 mètres au plus); un troisième réseau à haute tension assurera, dans un rayon de 2^{km} au maximum, le service de la voie publique et des particuliers.

L'éclairage des Halles n'absorbe que le sixième environ de la force de l'usine; le surplus, 750 chevaux, reste à la disposition des services particuliers et pourra, tout compté, desservir de 3000 à 4000 lampes.

La distribution se fait par feeders à trois fils pour les Halles et le circuit à basse tension desservant les particuliers; pour les courants alternatifs, les câbles sont du système concentrique et placés dans des cylindres en fonte; ils alimentent également des centres de distribution.

L'installation mécanique comprend : six générateurs Belleville donnant chacun par heure 1600^{hs} de vapeur à la pression de 10 atmosphères et alimentés par de l'eau de l'Oureq et de l'eau de la Seine; trois machines pilon à triple expansion et à condensation, de Weyher et Richemond, de 140 chevaux à la vitesse de 160 tours à la minute; chacune d'elles actionne deux dynamos Edison et consomme 10^{hs} de vapeur par cheval; et enfin trois machines Corliss à condensation et à un seul cylindre, de 170 chevaux, commandant chacune une dynamo Ferranti.

La partie électrique comprend : pour la distribution à basse tension, six dynamos-shunt Edison de 110 volts et 450 ampères, couplées par deux en tension et trois en quantité; pour la distribution à haute tension, trois dynamos de Ferranti de 2400 volts et 50 ampères; l'une d'elles est tenue en réserve.

Éclairage des Halles. — Le service des Halles comprend l'éclairage des sous-sols et celui du rez-de-chaussée : le premier est assuré par deux séries de lampes à incandescence de 16 bougies brûlant l'une continuellement, l'autre quelques heures seulement par jour. Ce sont des lampes Woodhouse et Rawson et des lampes de Khotinsky. Des régulateurs à arc des systèmes Cance, Pieper, Hanrion et Bardon éclairent le rez-de-chaussée; dans les pavillons proprement dits, ils sont distribués en quinconces, à 4^m au-dessus du sol; dans les allées, ils sont placés à 6^m de hauteur et distants de 50^m.

Deux centres de distribution, déterminés par la division des dix pavillons en deux groupes, sont alimentés séparément par la station. Les *trois fils* aboutissent au centre et de là partent les conducteurs en dérivation se rendant au sous-sol de chaque pavillon, puis le fil neutre est supprimé et les deux câbles principaux vont au rez-de-chaussée.

Les lampes à incandescence sont alimentées dans chaque sous-sol par deux réseaux distincts, correspondant l'un aux lampes *permanentes* et l'autre aux lampes *non permanentes*; et, pour ne pas détruire l'équilibre de charge des deux câbles principaux, ces réseaux sont branchés de la façon suivante, en désignant par 1, 2, 3 les deux câbles principaux et le fil neutre : dans le premier sous-sol, les deux séries de lampes sont alimentées par les câbles 1 et 3, et dans le sous-sol, symétriquement placé, par les câbles 2 et 3. Cette disposition donne de très bons résultats.

La perte consentie est de : 10 volts de la station à un centre de distribution, de 4 volts du centre à chaque pavillon et de 2 volts dans le pavillon lui-même. Les câbles sont placés sous bois rainés.

Les régulateurs du rez-de-chaussée sont montés par quatre en tension sur les deux conducteurs principaux dont la différence de potentiel est de 220 volts. Chaque groupe comprend un rhéostat pour remplacer une lampe en cas d'accident, et ils sont munis chacun d'un système de suspension pour faciliter le nettoyage : les régulateurs Han-

rion de la suspension Clemançon, les régulateurs Pieper de la suspension Oudry, les régulateurs Bardou du système Beau et Taillet et les lampes Cance de la suspension Cance, dont le bon fonctionnement déterminera probablement l'emploi exclusif.

Éclairage de la voie publique et des particuliers. — Le système de distribution par les feeders sera employé d'une façon générale : la canalisation suivra l'avenue de l'Opéra, passera près de la Madeleine et reviendra par la rue de Rivoli. Cinq centres seront établis, rue du Pont-Neuf, rue des Halles et rue de Rivoli, et de chacun d'eux partira un fil de retour sur une lampe du tableau, dont la perte de charge sera la même que celle de la lampe la plus éloignée.

Les travaux d'aménagement pour l'éclairage de la voie publique ne sont pas encore terminés.

La station municipale est installée d'une façon grandiose : il nous suffira de dire que la chambre des machines mesure 165,4^m. Il est vrai qu'on a prévu des développements futurs qui ajouteront aux 1 200 000 francs déjà dépensés.

(*Bulletin international de l'Électricité.*)

III. Phénomènes électro-actiniques présentés par le sélénium. — Les *Annales de Wiedemann* ont publié un travail de M. Uljanin sur les phénomènes électro-actiniques du sélénium. On savait depuis longtemps que la résistance électrique du sélénium variait avec l'intensité des rayons lumineux qui le frappaient; mais cette étude n'avait jamais été faite d'une façon complète, et les expériences de M. Uljanin viennent combler cette lacune. Voici les principaux résultats obtenus par l'auteur, d'après le *Bulletin international de l'Électricité*.

Si l'on expose à la lumière une électrode en sélénium reliée à une électrode analogue maintenue dans l'obscurité, la première prend un potentiel primitif qui garde une valeur constante de 0^{vol}, 12 pendant toute la durée de l'expérience, si l'intensité lumineuse est elle-même constante; la seconde prend un potentiel négatif, et il circule un courant de la première à la seconde.

Le phénomène disparaît brusquement si la première électrode est soustraite à l'action de la lumière.

Si les deux électrodes sont placées à la lumière, aucun effet ne se manifeste. Si l'une d'elles est soumise aux rayons lumineux débarrassés des radiations calorifiques, l'intensité du courant est proportionnelle à l'intensité lumineuse. Dans le cas où les radiations calorifiques n'ont pas été éliminées, le courant croît moins vite que l'intensité lumineuse.

Le jaune orangé du spectre semble être la radiation la plus active.

L'auteur explique ces phénomènes en admettant que le sélénium peut affecter divers états allotropiques dont la proportion et les combinaisons varieraient avec la lumière incidente. Mais cette vue théorique n'est accompagnée d'aucune expérience destinée à la vérifier.

IV. Le phare électrique de Hantsholm. — Le phare de Hantsholm, construit sur la côte du Jutland, projette au loin la lumière d'une lampe de deux millions de bougies. L'*Electrical Engineer*, auquel nous empruntons ces détails, ajoute que cette lampe, du système Le Baron, est alimentée par deux machines magnéto de M. de Méritens, qu'actionnent deux moteurs à vapeur de 35 chevaux chacun. Le gardien du phare peut con-

trôler et régler la marche des divers appareils depuis son poste, grâce à un système réflecteur de miroirs et de prismes. Le remplacement des charbons et une réparation d'avarie sont les seules causes qui nécessitent sa présence soit aux machines, soit dans la lanterne du phare.
(*Bulletin international de l'Électricité.*)

V. Nouvelle torpille électrique. — Des expériences d'un grand intérêt ont eu lieu dans le port de New-York sur la torpille électrique automotrice de M. Halpine, officier de marine des États-Unis.

La solution proposée par M. Halpine est en effet assez originale : il ne s'agit pas moins que de faire éclater la charge au niveau de la quille du bateau ennemi, même protégé par un filet d'acier, sans détériorer autre chose que l'enveloppe de l'explosif; le même flotteur pourrait servir un nombre indéterminé de fois.

L'engin comprend deux parties principales : le flotteur et la charge. Le flotteur, de forme très allongée, contient, à l'arrière, un moteur électrique Perret, directement monté sur l'hélice, et une batterie d'accumulateurs.

Le courant alimente de plus deux lampes rouges à incandescence qui ne peuvent être vues que de l'arrière.

La charge, renfermée dans une boîte de tôle placée à l'avant du flotteur dans une excavation, est reliée par une chaîne à une sorte de harpon indépendant.

Quand on lance la torpille, l'appareil se dirige entre deux eaux vers le but, et sa direction primitive peut être modifiée à l'aide du gouvernail, commandé électriquement du point de départ.

Arrivé au but, filet ou coque de navire, le harpon se fixe; en même temps un cordon de pulvérin prend feu, le flotteur revient automatiquement en arrière, puis l'explosion se produit.
(*Bulletin international de l'Électricité.*)

VI. Contribution à la théorie des accumulateurs. — La théorie des réactions chimiques qui se produisent soit pendant la charge, soit pendant la décharge des accumulateurs, est toujours fort obscure. Les avis sont même partagés au sujet de la nature des composés qui prennent naissance, et nous nous bornerons à résumer la communication qui vient d'être faite à ce sujet à la Société Royale de Londres, par MM. Frankland et Japp.

Les expériences qu'ils ont effectuées tendaient à isoler les corps qui se forment quand on met en contact, d'une part, de l'acide sulfurique et de la litharge et, d'autre part, le même acide et du minium. Dans l'un et l'autre cas, après trituration, le précipité jaune clair produit par la litharge et la matière brune résultant de la réaction du minium et de l'acide ont été lavés à grande eau pour éliminer l'excès d'acide.

MM. Frankland et Japp ont déduit de leurs analyses que ces produits étaient constitués par des sulfates basiques; mais il se pourrait que le premier fût un mélange de sulfate ordinaire et de protoxyde et le second un mélange de sulfate de peroxyde et de minium; car les sulfates de plomb forment à la surface de chaque particule d'oxyde une couche qui protège contre l'acide les parties intérieures.

S'il en était ainsi, le sulfate basique formé par la litharge devrait, sous l'influence de l'acide carbonique, donner du blanc de plomb, ce qui n'a pas lieu. Il ne reste donc pas d'oxyde libre.

D'après la communication à la Royal Society, les deux sulfates qui prennent naissance

se transformeraient pendant la charge, l'un en plomb métallique et l'autre en oxyde puce; la décharge aurait pour effet de reconstituer ces sulfates complexes.

Il eût été intéressant que les auteurs expliquassent, d'après leur théorie, la sulfatation des plaques abandonnées à elles-mêmes. (*Bulletin international de l'Électricité.*)

VII. Un train frappé par la foudre. — Un accident remarquable vient d'arriver à un train du chemin de fer de New-York à New-Haven. A Stamford (Connecticut), pendant un violent orage, alors que le train filait à toute vitesse, un éclair frappa la locomotive au beau milieu et la mit hors d'usage : le train s'arrêta. Le mécanicien et le chauffeur éprouvèrent une forte secousse qui les étourdit à moitié et furent pris de vomissements : ils recouvrèrent assez rapidement l'usage de leurs sens ; mais, d'après le dire des employés de chemins de fer, c'est la première fois qu'une locomotive en pleine marche est frappée par la foudre. (*Bulletin international de l'Électricité.*)

VIII. Phénomènes électriques produits par les radiations solaires. — A la suite de nombreuses observations, faites depuis le mois de mai 1885 jusqu'au mois de juillet 1889, M. Albert Nodon a pu établir que les radiations solaires sont la cause de certains phénomènes électriques dont l'étude est résumée dans les lois suivantes :

1° Les radiations solaires, en rencontrant un conducteur isolé (métal ou charbon), communiquent à ce conducteur une charge électrique *positive*.

2° La grandeur de cette charge croît avec l'intensité des radiations solaires et décroît avec l'état hygrométrique de l'air. Le phénomène atteint, à Paris, sa valeur maxima en été, vers une heure de l'après-midi, lorsque l'atmosphère est pure et sèche.

3° Le passage des nuages devant le Soleil fait cesser le phénomène.

Les expériences de M. Nodon ont été faites au laboratoire des Recherches physiques de la Sorbonne et au laboratoire de M. Mascart au Collège de France.

(*Bulletin de l'Électricité.*)

IX. Lampe à arc Kremenetsky. — Dans le régulateur à arc de M. Kremenetsky, les deux charbons sont mobiles et commandés chacun par un solénoïde à noyau de fer doux.

Les bobines, placées l'une au-dessous de l'autre dans le corps de la lampe, sont formées, la bobine supérieure d'un enroulement de gros fil en série sur le circuit principal, et l'autre d'un enroulement de fil fin, en dérivation sur les bornes de la lampe. Quand la force électromotrice de l'arc a sa valeur normale, le courant est presque nul dans la bobine inférieure, mais le courant qui circule dans les spires croît à mesure que la force électromotrice aux bornes de la lampe augmente.

Les armatures des solénoïdes sont reliées par un double système de leviers coudés et disposés de telle sorte que, quand les charbons sont au contact, le corps des deux armatures est presque entièrement compris dans l'espace qui sépare les bobines.

L'armature du solénoïde supérieur commande le charbon positif placé au-dessus du charbon négatif; celui-ci est fixé à un cadre mobile et soumis à l'action de l'armature inférieure par un système de poulies et de contrepoids.

Quand, les charbons étant au contact, on lance le courant, l'armature supérieure est attirée : les charbons se séparent et l'arc jaillit. Si la longueur de l'arc dépasse sa valeur normale, le courant passe dans le solénoïde à fil fin; l'armature inférieure est attirée et, en même temps que le cadre qui supporte le charbon négatif s'élève, les

leviers coudés agissent sur l'armature supérieure, l'abaissent, et le charbon positif descend.

(*Bulletin de l'Électricité.*)

X. Prix de revient de l'éclairage à incandescence par accumulateurs. — *L'Electrical Power Storage* a publié des documents qui jettent un certain jour sur le prix de revient de l'éclairage public à incandescence quand l'énergie est empruntée à des accumulateurs. L'exemple pris comme type est l'alimentation de 30 000 lampes de 10 bougies, et c'est le cas de la station de la Chelsea Electricity Supply Company.

Les dépenses de première installation, bâtiments, machines à vapeur, transformateurs à courant continu, appareillage, circuits, s'élèvent à 1 735 025^{fr}, soit à 57^{fr},70 par lampe. La dépréciation du matériel doit être évaluée à 6,75 pour 100, soit à 23,095 par an; les frais d'exploitation comprennent : charbon à 18^{fr},75 la tonne, 124425^{fr}; eau et matières de graissage, 25 000^{fr}; main-d'œuvre, 75 000^{fr}; loyer, 112 50^{fr}; administration, 75 000^{fr}; entretien, 115 475^{fr} : ce qui constitue un total de 449 245^{fr} à faire figurer aux frais généraux.

Il ressort que les frais d'exploitation de 30 000 lampes travaillant 1390 heures par an s'élèvent à 14^{fr},94 par lampe, ce qui, pour un capital engagé de 1895 000^{fr}, correspond à un bénéfice de 32,9 pour 100; si la durée annuelle de service est de 1000 heures, le bénéfice n'est plus que de 19,6 pour 100, et il tombe à 2,4 pour 100 pour 500 heures d'éclairage.

(*Bulletin de l'Électricité.*)

XI. L'éclairage électrique à Montevideo. — La Compania nacional de Luz Electrica de Montevideo a inauguré tout dernièrement la station centrale qu'elle a construite pour l'éclairage électrique de cette ville. Le bâtiment a 77^m sur 15^m; il contient cinq chaudières Belleville de 300 chevaux; toutes les dynamos, au nombre de 8, sont du système Ganz à courants alternatifs, de 150 chevaux chaque. Le courant est transmis à 1800 volts et réparti à 100 volts. La station peut alimenter 15 000 lampes de 16 bougies et, par suite des demandes nouvelles des nouveaux districts, elle va être augmentée pour pouvoir alimenter 5000 autres lampes.

(*Bulletin de l'Électricité.*)

XII. Nouvelle sonnerie électrique. — Une nouvelle sonnerie électrique fort ingénieuse vient d'être mise en vente par M. Borel, de Paris; le mécanisme, entièrement dissimulé dans une enveloppe métallique de forme ovoïde, qui peut être bronzée, argentée ou dorée, présente lui-même quelques dispositions nouvelles et intéressantes.

Le marteau est monté de manière à être complètement indépendant de l'armature de l'électro-aimant. Cette armature, ramenée en arrière par un ressort à boudin, vient, à chaque émission du courant, frapper le bas d'un levier supportant le marteau auquel il imprime une impulsion qui le lance contre le timbre. Ce mouvement a pour effet de rompre le circuit, et ce circuit ne se reforme de nouveau que lorsque le marteau est revenu en arrière. Il en résulte que l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux coups consécutifs est indépendant de la tension du ressort et, dans une certaine mesure même, de l'intensité du courant. Cet intervalle dépend de la durée d'oscillation du pendule constitué par le marteau et la tige métallique qui le supporte, de sorte que les coups se succèdent avec une grande régularité et, de plus, avec une intensité constante.

(*Bulletin de l'Électricité.*)

XIII. Voltmètre à bande. — M. Perry a présenté à l'Association Britannique un nouvel

appareil de mesure, dont le principe repose sur l'extension qu'éprouve un fil métallique par suite de la chaleur développée par le passage d'un courant électrique.

Une bande métallique, formée de préférence d'un alliage de platine et d'argent, étant fixée à ses deux extrémités, puis portée au rouge, saisie en son milieu à l'aide d'une pince et tordue autour de son axe, conserve sa forme quand elle est refroidie. Cette bande ainsi préparée possède la propriété de tourner autour de son axe lorsqu'on la soumet à une traction même très faible. Elle porte en son milieu un index qui se meut lorsque l'échauffement dû au courant modifie même très légèrement la longueur de la bande.

Jusqu'à présent, ces appareils ne pouvaient mesurer directement que des forces électromotrices inférieures à 50 volts; à l'aide d'un transformateur spécial, on peut aller jusqu'à 2000 volts lorsqu'il s'agit de courants alternatifs. On se propose, dit la *Revue scientifique*, d'essayer des bandes de charbon qui permettraient d'aller beaucoup plus loin.
(*Bulletin de l'Électricité*.)

XIV. Appareil mesureur des radiations électriques. -- Les belles expériences du Dr Hertz sur les radiations électriques ont été répétées un peu partout, et chaque expérimentateur s'est ingénié à améliorer les appareils détecteurs de ces radiations. L'appareil original du Dr Hertz consistait, comme on sait, en un simple fil replié en cercle et terminé par deux boules dont l'écartement pouvait être réglé par une vis micrométrique. La distance des boules donnait une indication de l'indication des effets.

M. Joubert a employé un appareil analogue, composé de fils rectilignes terminés par des plaques métalliques. Enfin M. Egoroff s'est servi des tubes à vide.

Dans la dernière séance de la Société de Physique de Londres, M. W.-G. Gregory a décrit un appareil qu'il a construit dans le même but, et dans lequel il a cherché à augmenter la précision des mesures quantitatives.

Il a cherché à mettre en évidence l'allongement produit dans un fil fin par les courants induits qu'y développent les radiations électriques.

L'appareil est formé d'un long tube de verre qui contient un fil de platine de 0^{mm},086 de diamètre et 1920^{mm} de long. Ce fil de platine est fixé à un bout du tube; à l'autre bout, il s'attache à un ressort amplificateur d'Ayrton et Perry. Un miroir concave fixé au point d'attache reçoit et réfléchit un rayon incident, et la lecture se fait sur une échelle divisée.

Le ressort est formé d'une mince bande de métal laminée à plusieurs reprises entre des surfaces dures. On a pu réaliser ainsi un ressort donnant 10 rotations complètes pour un allongement de 1^{mm}.

Une division de l'échelle placée à 1^m indiquait un allongement de 0^{mm},000005, correspondant à un échauffement de 0^{mm},003 de degré centigrade.

Avec la source de rayonnement distante de 4^m, on n'obtenait qu'une déviation de 1 division de l'échelle, ce qui montre la petitesse des effets à mesurer.

L'auteur dit que, sans doute, des fils fins de cuivre et d'aluminium paraissaient devoir donner de meilleurs résultats, mais qu'en pratique il n'en était pas ainsi. Il signale l'avantage que possède le platine d'être compensé à peu près exactement par le verre du tube, au point de vue des variations de température, ce qui évite des déplacements incessants du zéro.

Enfin il signale encore que l'une des boules de l'oscillateur devient très chaude pendant que l'autre reste froide, et que cette dernière noircit davantage.

BIBLIOGRAPHIE.

Exercices de Physique et applications, par M. AIMÉ WITZ, docteur ès Sciences.
Paris, Gauthier-Villars et Fils, éditeurs; 1889.

Cet Ouvrage forme, avec le *Cours de Manipulations* du même auteur, un ensemble qu'il intitule l'*École pratique de Physique*. C'est un Recueil de problèmes nombreux et variés, qui sont traités, soit comme exercices pour élucider les principes, soit comme applications pour acquérir l'usage des formules.

L'auteur a rédigé cet Ouvrage en vue d'être utile non seulement aux hommes de science et aux étudiants plus spécialement voués à l'étude spéculative des principes et des causes, mais aussi à ceux qui font des applications des Sciences l'objet de leurs travaux journaliers.

On sait aujourd'hui de combien près l'Industrie serre la Science et combien l'ingénieur doit être familier non seulement avec les formules, mais avec leurs applications numériques poussées jusqu'à leurs dernières limites.

Ingénieur lui-même, l'auteur n'a pas oublié cette catégorie de physiciens, et son Livre sera pour eux un *Compendium de Physique* par demandes et réponses.

Il n'est pas douteux que cet Ouvrage ne rencontre l'accueil que lui assure son utilité, qui sera bien vite reconnue de toutes les personnes qui veulent savoir bien et calculer juste.

L'Électricité appliquée à l'art militaire, par le colonel GUY.
Paris, J.-B. Baillière et Fils, éditeurs.

« Aujourd'hui, dit l'auteur, chacun est soldat, chacun est aussi plus instruit qu'autrefois, chacun doit savoir la guerre : *la guerre s'usine*, et il faut connaître les organes moteurs de cette usine à chair humaine. »

L'électricité joue un rôle multiple et important dans l'art de la guerre moderne : on peut dire que partout elle intervient, soit dans le combat, soit dans sa préparation. C'est donc une œuvre patriotique que l'auteur a entreprise en essayant de vulgariser les connaissances relatives à son emploi.

L'Ouvrage est divisé en six Parties. La première traite des *misés en feu, des mines, torpilles et explosifs*. La deuxième décrit la *télégraphie*, et la troisième la *téléphonie*, telles qu'elles sont organisées maintenant dans les principales armées modernes.

La quatrième a trait à la *télégraphie optique*. La cinquième Partie est consacrée à l'*éclairage électrique des travaux et des attaques de guerre*. Enfin la sixième contient la description des *instruments électriques divers* qui se rattachent à l'art de la guerre.

Il suffit de se souvenir du but poursuivi par l'auteur pour prédire à son Livre un succès qu'il mérite par la clarté de l'exposition et l'agrément du texte illustré de nombreuses figures.

Thermo-Electricity, par M. ARTHUR RUST. (London; E. et F. N. Spon.).

Dans ce petit Ouvrage d'une trentaine de pages, l'auteur décrit brièvement une série d'expériences qu'il a entreprises sur les couples thermo-électriques, à la suite desquelles il a construit une pile de grandes dimensions.

Cet appareil donne une force électromotrice de 96 volts : sa résistance intérieure est de 11^{ohms}, 5. Le nombre de couples est de 6000 : ils sont formés de fer et d'alliage zinc-antimoine.

Dans l'exposé de ses expériences préliminaires, l'auteur développe quelques considérations de philosophie naturelle, qui ne manquent pas d'une certaine hardiesse et dénotent un esprit au moins indépendant et affranchi de toute convention d'école.

Les expériences décrites ne manquent pas d'intérêt, bien que l'auteur s'étonne, peut-être un peu à tort, du résultat de quelques-unes d'entre elles.

ERRATUM.

Le compte rendu de la Réunion du 23 août dernier attribue par erreur à MM. E. Dujardin et C^e l'un des appareils mentionnés page 356 du *Bulletin* n° 61 : le spécimen d'accumulateur exposé était de M. P.-J.-R. Dujardin.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS.

COURS PUBLICS ET GRATUITS DE SCIENCES APPLIQUÉES AUX ARTS.

Année 1889-1890.

Géométrie appliquée aux arts (les lundis et jeudis, à 9^h du soir). — M. A. LAUSSEDAI, Professeur. Le cours ouvrira le lundi 11 novembre.

Cinématique. — Classification des mécanismes. — Étude géométrique des organes qui servent à la transformation des mouvements : engrenages, cames, excentriques, articulations, échappements, encliquetages. — Compteurs. — Instruments enregistreurs.

Géométrie descriptive (les lundis et jeudis, à 7^h 45^m du soir). — M. E. ROUCHÉ, Professeur. Le cours ouvrira le lundi 11 novembre.

La ligne droite et le plan. — Les surfaces réglées et les surfaces de révolution. — Les ombres linéaires.

Mécanique appliquée aux arts (les lundis et jeudis, à 7^h 45^m du soir). — M. J. HIRSCH, Professeur. Le cours ouvrira le lundi 11 novembre.

La Mécanique à l'Exposition de 1889. — Machines motrices. — Transmission du travail. — Pompes. — Compresseurs. — Appareils de levage, etc.

Constructions civiles (les mercredis et samedis, à 7^h 45^m du soir). — M. ÉMILE TRÉLAT, Professeur. Le cours ouvrira le mercredi 13 novembre.

La Salubrité dans les constructions. — Les cinq facteurs de la salubrité : air, lumière, chaleur, eau, sol. — Leur introduction ou leur utilisation dans la maison, les lieux de réunion, la ville.

Physique appliquée aux arts (les mercredis et samedis, à 9^h du soir). — M. E. BECQUEREL, Professeur, et M. H. BECQUEREL, Suppléant. Le cours ouvrira le mercredi 13 novembre.

Principes fondamentaux de la Physique. — Applications diverses de la chaleur ; formation des vapeurs ; emploi de leur force élastique ; sources de chaleur et de froid ; chauffage ; ventilation. — Acoustique ; production et propagation des sons ; téléphone ; phonographe. — Sources de lumière ; éclairage ; analyse spectrale. — Instruments d'optique.

Chimie générale dans ses rapports avec l'industrie (les mardis et vendredis, à 9^h du soir). — M. N....., Professeur. Une affiche spéciale annoncera l'ouverture du cours.

Chimie industrielle (les lundis et jeudis, à 9^h du soir). — M. AIMÉ GIRARD, Professeur. Un avis ultérieur annoncera l'ouverture du cours.

Matières végétales. — Légumes et fruits, leur composition, leur valeur alimentaire. — Procédés de conservation. — Céréales. — Mouture des grains. — Outillage et procédés de la meunerie moderne. — Farines. — Pain et biscuits. — Pâtes alimentaires.

Chimie appliquée aux industries de la teinture, de la céramique et de la ver-

verrie (les lundis et jeudis, à 7^h 45^m du soir). — M. V. DE LUYNES, Professeur. Le cours ouvrira le lundi 11 novembre.

Des verres. — Éléments, propriétés, fabrication. — Fours. — Soufflage, moulage, coulage. — Verres colorés, émaux. — Décoration, taille, gravure. — Vitraux.

Des poteries. — Matières premières, argiles. — Préparation, façonnage, travail des pâtes céramiques. — Cuisson, décoration des poteries.

Chimie agricole et analyse chimique (les mercredis et samedis, à 9^h du soir). — M. TH. SCHLOESING, Professeur. Le cours ouvrira le mercredi 13 novembre.

Engrais, amendements. — Alimentation rationnelle du bétail. — Méthodes gazométriques. — Analyse appliquée aux matières végétales.

Agriculture (les mardis et vendredis, à 7^h 45^m du soir). — M. E. LECOUTET, Professeur. Le cours ouvrira le mardi 19 novembre.

L'Agriculture dans ses rapports avec le climat, le sol, les débouchés, la population, les capitaux. — Étude spéciale des baux à ferme, du métayage, du faire-valoir direct. — L'Agriculture à l'Exposition universelle de 1889.

Travaux agricoles et génie rural (les mercredis et samedis, à 7^h 45^m du soir). — M. CH. DE COMBEROUSSE, Professeur. Le cours ouvrira le mercredi 13 novembre.

Introduction : La Ville et la Campagne. — Tableau de la production et de la culture françaises. — Les progrès nécessaires.

Description et Étude spéciale de la Ferme. — Bâtiments ruraux. — Éléments et conditions de leur construction. — Notions sur la résistance des matériaux.

Dépendances de la Ferme : logements et hygiène générale des animaux. — Écuries, étables, bergeries. — La basse-cour, le poulailler et le colombier. — Le lait et ses transformations. — La laiterie et la fromagerie. — Les Associations fruitières.

Filature et tissage (les lundis et jeudis, à 9^h du soir). — M. J. IMBS, Professeur. Le cours ouvrira le lundi 11 novembre.

Méthodes et matériel du peignage. — Opérations subséquentes. — Méthodes et matériel du filage. — Retordage et apprêts des fils. — Fils façonnés. — La Classe 54 à l'Exposition de 1889. — Tissus feutres.

Économie politique et législation industrielle (les mardis et vendredis, à 7^h 45^m du soir). — M. E. LEVASSEUR, Professeur. Le cours ouvrira le mardi 12 novembre.

Circulation des richesses. — Valeur. — Métaux précieux et monnaie. — Histoire des prix. — Cherté et bon marché. — Crédit et banques. — Influence des moyens de communication. — Commerce, traités de commerce et tarifs douaniers.

Économie industrielle et statistique (les mardis et vendredis, à 9^h du soir). — M. A. DE FOVILLE, Professeur. Le cours ouvrira le mardi 12 novembre.

Voies et moyens de transport. — Moteurs et véhicules. — Routes et voitures publiques. — Chemins de fer. — Navigation intérieure. — Navigation maritime. — Postes et télégraphes. — Conséquences économiques et sociales de la transformation des moyens de transport.

Droit commercial (les mercredis et samedis, à 7^h 45^m du soir). — M. F. MALAPERT, Professeur. Le cours ouvrira le mercredi 13 novembre.

Tribunaux de commerce : organisation, compétence, procédure. — Prud'hommes. — Arbitrages. — Contrats et obligations. — Contrats commerciaux. — Louage d'industrie, travaux publics ; concession et exploitation des chemins de fer. — Effets de commerce.

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

- BEST (Alberto). *Notice sur les applications de l'Électricité au Mexique.* 1 broch. in-8; Mexico, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- COLSON (R.). *L'Énergie et ses transformations.* 1 vol. in-8; Paris, G. Carré, 1889. (*Don de l'éditeur.*)
- GAUDCHAUX-PICARD (E.). *Le Monopole de l'éclairage et du chauffage par le gaz à Nancy.* 1 broch. in-8; Paris, B. Tignol, 1889. (*Don de l'éditeur.*)
- GUN (Colonel). *L'Électricité appliquée à l'art militaire.* 1 vol. in-8; Paris, J.-B. Baillièrre et Fils, 1889. (*Don de M. le capitaine de Place.*)
- MONTILLOT (Ph.-L.). *La Lumière électrique.* 1 vol. in-8; Paris, J.-B. Baillièrre et Fils, 1889. (*Don des éditeurs.*)
- Notice sur le matériel et les appareils exposés par la Compagnie du chemin de fer du Nord à l'Exposition universelle de 1889.* 1 broch. in-4; Lille, L. Danel, 1889. (*Don de M. Eug. Sartiaux.*)
- PALAZ (Ad.). *L'Électricité industrielle et la Téléphonie en Suisse.* 1 petite broch. in-8; Lausanne, A. Jaunin, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- PICOU (R.-V.). *Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques.* 1 vol. in-8; Paris, Baudry et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- RAFFARD (J.-N.). *Extraits du Bulletin de la Société des anciens élèves des Écoles d'arts et métiers.*
- REISS (A.). *L'Électrologie en 1886.* 1 broch. in-8; Rio de Janeiro, 1888. (*Don de l'auteur.*)
- *Sur la transmission et la distribution électrique de la force.* 1 broch. in-8; Rio de Janeiro, Lopes do Couto, 1884. (*Don de l'auteur.*)
- *Bulletin mensuel du Centre technique des Électriciens brésiliens.*
- RUST (A.). *Thermo-Electricity.* 1 broch. in-8; London, E. et F.-N. Spon, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- SUAREZ-SAAVEDRA (A.). *L'Électricité à l'Exposition universelle de Barcelone.* 1 broch. in-8; Barcelone, N. Ramirez et C^{ie}, 1888. (*Don de l'auteur.*)
- TOMMASI (D^r D.). *Traité théorique et pratique d'Électrochimie.* 4^e fascicule; Paris, Bernard et C^{ie}, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- *Annuaire de la Chimie industrielle et de l'Électrochimie.* 1 vol. in-8; Paris, B. Tignol, 1889. (*Don de l'auteur.*)
- VINCENTI (Ed.). *L'Exposition internationale d'Électricité et le Congrès in-*

ternational des Électriciens à Paris, en 1881. 1 vol in-8; Madrid, F. Lencina, 1882. (Don de l'auteur.)
WITZ (Aimé). *Exercices de Physique et applications. 1 vol. in-8; Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1889. (Don des éditeurs.)*

Nécrologie.

On annonce la mort, à Manchester, à l'âge de soixante et onze ans, du Dr James Prescott JOULE, membre de la Société Royale, l'un des grands inventeurs scientifiques de ce siècle, dont le nom figurera à côté de ceux des Darwin, des Helmholtz, des Pasteur.

JOULE était l'auteur de la découverte des lois de l'équivalence mécanique de la chaleur et de celles de l'induction magnétique par des courants électriques.

Il avait porté dans l'étude de la Physique un esprit d'une rigueur toute mathématique, et ses fameuses expériences de 1840 à 1848 l'avaient conduit, en développant les idées de Carnot, à formuler les lois de la transformation de la chaleur en mouvement à peu près en même temps que Mayer, de Bonn. Cette découverte, on le sait, a opéré une révolution dans la Science et dans la Philosophie, et a servi, en démontrant l'équivalence des forces naturelles, à faciliter l'adoption des idées darwiniennes sur la variation des espèces et de la doctrine spencérienne de l'évolution.

JOULE avait une originalité qui se retrouvait dans tous ses travaux.

Il fut l'auteur également de la théorie cinétique des gaz. Une santé très frêle le condamnait à une retraite presque absolue, mais n'avait pu le détourner de ses chers travaux. Il était correspondant de l'Académie des Sciences, de l'Institut de France, et avait été président de l'Association britannique pour l'avancement des Sciences.

Rectifications à la Liste générale des Membres de la Société

(20 avril 1889).

-
- Page 207, ligne 31, lire **Barberis** (Jean), Directeur de l'atelier des lampes Cruto, à Alpignano, près Turin (Italie).
- » 208, » 23, » **Beaufils** (Magloire-François), Contrôleur des Télégraphes, 168, boulevard du Montparnasse, à Paris.
- » 209, » 16, » **Berly** (Jules-Albert), Ingénieur civil, 5, villa des Couronnes, à Asnières (Seine).
- » 209, » 26, » **Bertolus** (Charles), Électricien, 22, rue de la Bourse, à Saint-Étienne (Loire).
- » 210, » 17, » **Brylinski** (Émile), Ingénieur des Télégraphes, 58, rue Jacob, à Paris.
- » 214, » 29, » **Cini** (Giuseppe), Ingénieur-Électricien, à Ferora (Italie).
- » 214, » 46, » **Cohen** (B.), Ingénieur civil, ancien Élève de l'École Polytechnique, 45, rue de la Chaussée-d'Antin, à Paris.
- » 217, » 27, » **Dierman** (William), Directeur de la *Société anonyme belge pour l'éclairage et la transmission électrique à longue distance*, 37, rue de l'Est, à Bruxelles (Belgique).
- » 217, » 46, » **Dratz** (Henri), Ingénieur, Directeur-Gérant de la *Société anonyme belge pour l'éclairage public par l'électricité*, 24, Montagne-aux-Herbes-Potagères, à Bruxelles (Belgique).
- » 218, » 12, » **Ducousso** (Th.), Ingénieur, 124, rue de Rennes, à Paris.
- » 219, » 10, » **Emery** (Louis), 59, rue Bonaparte, à Paris.
- » 219, » 11, » **Emmens** (Stephen-Henry), New-Stanton, Westmoreland County, Pennsylvania (U. S. A.).
- » 219, » 38, » **Faure** (Camillo-A.), Ingénieur-Électricien, 19, avenue de Villiers, à Paris.
- » 220, » 20, » **Flamache** (A.), Ingénieur des chemins de fer de l'État belge, 16, rue Stévin, à Bruxelles (Belgique).
- » 222, » 6, » **Geoffroy** (J.), Ingénieur civil, Mécanicien-Électricien, 90, rue de Longchamps, à Paris.
- » 222, » 33, » **Godfroy** (Fernand), Contrôleur des Télégraphes, 2, rue Debrousse, à Paris.
- » 223, » 11, » **Gravier** (Alphonse), Ingénieur du service électrique de la *Société française de matériel agricole et industriel*, à Vierzon (Cher).
- » 225, » 26, » **Infreville** (Georges d'), 257, West, 44th St., à New-York (U. S. A.).
- » 226, » 5, » **Jardin** (Docteur C.), à Auray (Morbihan).
- » 226, » 22, » **Jouët** (Georges), 60, rue Pierre-Charron, à Paris.
- » 229, » 14, » **Leroy** (Fernand), Ingénieur, 16, rue du Dragon, à Paris.

- Page 230, ligne 4, lire **Lorin**, Sous-Ingénieur des Télégraphes, 4, boulevard de Port-Royal, à Paris.
- » 231, » 45, » **Mervy** (le Docteur), 97, boulevard Malesherbes, à Paris.
- » 232, » 8, » **Meylan** (Eugène), Ingénieur civil, 31, rue de Poissy, à Paris.
- » 232, » 33, » **Monthiers** (Maurice), Chef du service de la Section française de l'Exposition universelle de 1889, 50, avenue de Neuilly, à Neuilly (Seine).
- » 232, » 35, » **Montillot** (Philippe-Louis), Professeur de Télégraphie militaire, 109, rue du Cherche-Midi, à Paris.
- » 233, » 1, » **Morges**, Capitaine du Génie, Ministère de la Guerre, à Paris.
- » 233, » 2, » **Morin** (H.-Paul), Ingénieur-Électricien, 23, rue La Condamine, à Paris.
- » 233, » 21, » **Negreano** (D.), Docteur ès Sciences, strada Sf. Tonica, n° 4, à Bucarest (Roumanie).
- » 234, » 1, » **Okschewsky** (Thomas), Mohilewsky, rue n° 20, log. n° 11, à Saint-Petersbourg (Russie).
- » 235, » 27, » **Piéplu** (Maurice), 20, rue Bréa, à Paris.
- » 236, » 34, » **Raalte** (Albert Van), Ingénieur, *Délégué général de la Société internationale des Électriciens*, 18, Fordenskjoldsgade, à Copenhague (Danemark).
- » 237, » 12, » **Raymond** (L.), Directeur de l'École professionnelle supérieure des Postes et des Télégraphes, 87, boulevard de Courcelles, à Paris.
- » 239, » 31, » **Sciama** (Gaston), Directeur de la maison Bréguet, 16, rue François I^{er}, à Paris.
- » 240, » 37, » **Soward** (Alfred-Walter), F. C. S., A. Inst. E. E., 144, Triern Road, East Dulwich, London S. E. (Angleterre).
- » 243, » 39, » **Vloten** (Frank Van), Ingénieur-Électricien, 4 Koningskade, à La Haye (Pays-Bas).
-

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DES
ÉLECTRICIENS.

AVIS.

—

La *cinquantième Réunion mensuelle* de la Société internationale des Électriciens aura lieu le **mercredi 8 Janvier 1890**, à 8^h 30^m précises du soir, dans la salle des Conférences de la Société de Géographie, 184, boulevard Saint-Germain, à Paris.

RÉUNION ORDINAIRE MENSUELLE

du mercredi 4 Décembre 1889.

PRÉSIDENCE DE M. LE COLONEL SÉBERT.

La séance est ouverte à 8^h 35^m.

Le procès-verbal de la dernière Réunion est adopté.

Il est donné connaissance des Ouvrages offerts à la Bibliothèque de la Société (*voir* p. 455).

Les demandes d'admission suivantes sont soumises à l'Assemblée :

MM.

Bouvarel (Lucien), Électricien, 8, rue des Marronniers, à Lyon (Rhône). — Présenté par MM. G. Pouzet et le colonel H. Sébert.

Chedeville, Ingénieur électricien, attaché au laboratoire de l'Usine municipale d'Électricité des Halles centrales, à Paris. — Présenté par MM. Ed. Hospitalier et J. Lafargue.

Drzewiecki (Stephane), Ingénieur, à Saint-Petersbourg (Russie). — Présenté par MM. G. Sciama et A. Gutperle.

TOME VI, 1889. — N° 63.

MM.

Mailhat (P.), Directeur des ateliers Secrétan, 30, rue du Faubourg-Saint-Jacques, à Paris. — Présenté par MM. P. Gahéry et A. Sabourain.

Mariano (Villamil), Professeur à l'École des Mines de Mexico, à Mexico (Mexique). — Présenté par MM. Al. Best et A. Sabourain.

Souhart (Sylvain-Paul-Marie), Ingénieur civil des Mines, Représentant de la *Société Électricité et Hydraulique* de Charleroi, 99, avenue de Villiers, à Paris. — Présenté par MM. Ed. Desrozières et G. Sciama.

Ces candidats sont élus membres titulaires de la Société internationale des Électriciens.

M. le Président annonce la remise au 8 janvier 1890 de la prochaine séance, qui se trouverait coïncider avec le Jour de l'An.

L'ordre du jour appelle les Communications techniques.

SUR LA THÉORIE CHIMIQUE DES ACCUMULATEURS.

Considérations sur les réactions qui ont lieu dans les accumulateurs au plomb.

M. S. DRZEWIECKI. — « Messieurs, au Congrès international des Électriciens, j'ai déjà eu l'occasion d'émettre quelques idées au sujet des théories actuellement admises pour expliquer le mode d'action des accumulateurs. Depuis, des renseignements complémentaires fournis par des personnes compétentes, quelques expériences et observations personnelles, m'ont conduit à modifier en partie ma façon de voir, et je viens aujourd'hui, Messieurs, vous soumettre quelques considérations qui, discutées, contrôlées, ou même réfutées par vous pourront cependant, peut-être, contribuer à éclairer ce point si intéressant et encore si obscur de l'Électrochimie.

» Toutes les théories invoquées jusqu'à ce jour pour expliquer les réactions qui ont lieu dans un accumulateur sont d'accord sur un point, à savoir :

» Qu'un accumulateur chargé se compose d'un électrode positif, constitué de peroxyde de plomb (PbO^2) et d'un électrode négatif, formé de plomb spongieux, plongeant tous deux dans de l'acide sulfurique étendu.

» Ce premier point déjà paraît sujet à caution.

» En effet, si l'on fait une plaquette positive en peroxyde de plomb (PbO^2) (oxyde puce) et qu'on la plonge dans de l'eau acidulée avec une lame de plomb, *il ne se produira aucun courant*. Si l'on remplace la lame de plomb par une lame de zinc, on aura, dans les mêmes conditions, un courant d'un demi-volt de force électromotrice environ, courant qui restera constant jusqu'à ce que tout le peroxyde se soit réduit en plomb métallique. Une plaquette faite de minium ou même de litharge, à la place de la plaquette de peroxyde, produirait à peu près le même résultat.

» D'un autre côté, on peut se convaincre qu'une plaquette positive d'accumulateur, chargée, donne, avec une lame de zinc au pôle négatif, un courant d'environ $2^{\text{volts}}, 5$ de force électromotrice (accumulateurs au zinc Reynier).

» Ces expériences sembleraient prouver que la plaquette positive d'un accumulateur chargé ne serait pas, ainsi qu'on l'admet généralement, du peroxyde de plomb (PbO^2).

» Pour ce qui est de la plaquette négative, certaines expériences paraissent aussi prouver qu'elle n'est pas uniquement constituée par du plomb métallique. En effet, du plomb métallique fraîchement gratté, plongé dans le liquide d'un accumulateur chargé, donne, avec la plaquette négative, un courant de $0^{\text{volt}}, 2$ de force électromotrice.

» Il est à remarquer à ce propos que ce courant n'est pas instantané et qu'il lui faut quelques instants pour s'établir. Une autre expérience démontre que la différence de potentiel entre une plaquette positive chargée et du plomb fraîchement gratté, plongé dans l'électrolyte, n'est que de $1^{\text{volt}}, 7$ environ, tandis qu'elle est de $2, 15$ avec une plaquette négative fraîchement chargée.

» L'échauffement d'une plaquette négative chargée, lorsqu'elle est exposée à l'air, peut être aussi bien expliqué par l'oxydation de l'hydrure de plomb que par celle du plomb lui-même, en sous-oxyde, de sorte que ce fait ne peut servir d'argument contre la théorie qui considère la plaquette négative comme constituée de plomb métallique seulement; c'est à l'analyse directe à décider sur ce point.

» En résumant ce qui précède, on est conduit, sinon à rejeter complètement, du moins à mettre en doute l'hypothèse fondamentale qui sert de point de départ à toutes les théories proposées jusqu'à ce jour pour expliquer le fonctionnement des accumulateurs.

» Quant aux théories de la réaction elle-même, une seule semblerait rationnelle, car elle concorde sensiblement avec les données de la Thermochimie : c'est celle de la double sulfatation, suivant laquelle, pendant la décharge, la plaquette positive constituée de PbO_2 , se désoxydant jusqu'à PbO , s'unirait à l'acide sulfurique du liquide pour former un sulfate de plomb PbSO_4 . D'un autre côté, la plaquette négative, de plomb métallique spongieux Pb , s'oxyderait en PbO et, se combinant aussi à l'acide du liquide, formerait pareillement un sulfate de plomb PbSO_4 . On aurait ainsi, à la fin de la décharge aux deux pôles, des plaquettes identiques de sulfate de plomb.

» La charge aurait pour effet de réduire la plaquette négative à l'état de plomb métallique et de faire passer la positive, de l'état de sulfate, à celui de bioxyde de plomb.

» En faisant la somme algébrique du nombre de calories libérées par ces différentes réactions, on arrive en effet à un chiffre qui correspond à une force électromotrice de 1^{vol},95.

» Malgré cette concordance, qui n'est, ainsi que nous le pensons, qu'une simple coïncidence, la théorie de la double sulfatation est elle-même sujette à caution.

» En premier lieu, l'aspect seul des plaquettes, avant et après la décharge, suffirait pour élever des doutes sur cette théorie. Tous ceux qui ont manié des accumulateurs savent que la plaquette positive, après décharge, présente un aspect brun bien caractérisé, tandis que la négative est d'un gris de plomb ; or, si les plaquettes se sulfataient elles devraient être semblables et blanches toutes deux, ce qui n'est jamais le cas dans un accumulateur en bon état.

» Un argument plus concluant est basé sur l'expérience suivante :

» Si l'on fait les deux plaquettes en sulfate de plomb comprimé et qu'on les soumette pendant plusieurs jours de suite au passage d'un courant dans de l'eau acidulée, on verra la plaquette négative se réduire complètement en plomb spongieux, tandis que *jamais la plaquette positive de l'état de sulfate ne passera à celui de bioxyde*. Dans cette expérience, la non-conductibilité du sulfate ne peut pas être invoquée, puisque le courant passe et que le sulfate du pôle négatif a été réduit.

» Suivant la théorie de la double sulfatation, l'augmentation de densité de l'électrolyte, pendant la charge, proviendrait de la mise en

liberté de l'acide sulfurique des sulfates aux deux pôles. Ici encore les résultats de l'observation directe ne concordent pas avec ceux qu'on donne le calcul basé sur cette théorie. Le calcul indique deux équivalents électrochimiques libérés par Coulomb, tandis que l'expérience n'en trouve qu'un et demi.

» Pour ce qui est de la concordance des données de la Thermo-chimie avec la théorie de la double sulfatation, on pourrait peut-être objecter que, si la somme algébrique des réactions, d'après cette théorie, donne bien 1^{vol}, 95, il n'en est plus de même lorsque l'on considère les réactions des deux plaquettes isolément, en mesurant la différence du potentiel de chacune d'elles avec le liquide, au moyen d'un contact indifférent, du charbon par exemple. On devrait trouver, entre le liquide et le pôle négatif, une différence de potentiel de beaucoup supérieure à celle qui s'établit entre le pôle positif et le liquide; l'expérience prouve que c'est le contraire qui a lieu.

» Je crois cependant qu'il serait peut-être imprudent d'invoquer l'argument ci-dessus, car nous ne pouvons pas affirmer que les réactions qui ont lieu dans un accumulateur complet soient identiquement les mêmes que celles de chacune des deux moitiés isolées, avec un troisième électrode interposé, même indifférent en apparence comme le charbon.

» Le foisonnement des plaques positives, qui a lieu exclusivement *pendant la charge*, tendrait aussi à prouver qu'elles ne se désulfatent pas à ce moment.

» L'ensemble de ces considérations nous amène donc à mettre en doute la théorie de la double sulfatation, du moins pour ce qui est de la sulfatation de la plaquette positive à la décharge.

» D'un autre côté, l'esprit se refuse absolument à admettre que le courant puisse désulfater la plaquette négative en même temps que la plaquette positive, qu'il produise un effet identique aux deux pôles; on serait plutôt porté à croire, par analogie, que c'est pendant la charge que le courant tendrait à sulfater le pôle positif, comme cela se passe pour une lame de cuivre dans les mêmes circonstances.

» Quant à établir une théorie de toutes pièces et proposer une formule de réaction qui ne soit pas en contradiction avec les faits observés, le problème paraît des plus compliqués et des plus diffi-

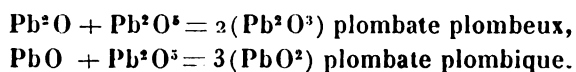
ciles; les analyses directes sont, sinon impossibles, du moins très délicates, pour ce qui est des plaquettes, à cause du liquide qui reste imbibé dans la masse spongieuse, et les modifications spontanées qui peuvent se produire dans la masse même des électrodes, sortis de leur bain et exposés à l'air. Pour les mêmes raisons, les pesées des plaquettes deviennent aussi très difficiles; quant à celles faites dans le liquide même, elles ne peuvent servir de base à aucun raisonnement, à cause des variations de poids qui dépendent des variations de volumes des plaquettes et des petites bulles de gaz renfermées dans la masse spongieuse.

» L'analyse du liquide même pourrait être une mesure plus précise, surtout si l'on dose la quantité de soufre disparu dans un volume de liquide déterminé. Ces données, combinées avec celles fournies par la variation de densité de l'électrolyte, pourraient nous faire connaître la quantité d'acide sulfurique qui disparaît du liquide pour chaque ampère-heure. Cette méthode nous permettrait peut-être de choisir la voie à suivre pour établir la réaction.

» Il semble que ce n'est qu'intuitivement, pour ainsi dire, qu'on parviendra à résoudre ce problème, en établissant successivement une série d'hypothèses basées sur l'observation, qu'on les vérifiera et contrôlera par une série d'expériences convenablement combinées, ce qui permettra d'éliminer celles qui ne s'accorderaient pas parfaitement avec les résultats de l'observation.

» L'hypothèse qui, jusqu'à preuve du contraire, semblerait le mieux se conformer aux données de l'expérience est la suivante :

» La plaquette positive d'un accumulateur, *formée mais non encore chargée*, consisterait en un oxyde de plomb supérieur à PbO^2 ; il aurait pour formule Pb^2O^3 , ce serait un acide plombique ou plutôt un anhydride plombique. Soit dit en passant, cette hypothèse d'acide plombique, basée sur des considérations d'analogie chimique, serait très séduisante, car elle ramènerait les deux oxydes de plomb, le minium et le peroxyde, à deux sels de plomb, l'un plombeux, l'autre plombique; en effet, le sous-oxyde de plomb combiné avec l'acide plombique, donnerait le minium, tandis que la litharge avec l'acide plombique donnerait le bioxyde puce

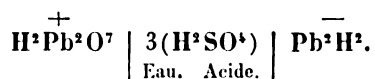


» Cette théorie s'accorderait très bien avec les nouvelles conceptions chimiques.

» En admettant donc que la plaquette positive formée serait de l'acide plombique Pb^2O^5 , le courant de charge produirait, à ce pôle, du bioxyde d'hydrogène H^2O^2 , qui, s'unissant à l'acide plombique, formerait un composé $\text{H}^2\text{Pb}^2\text{O}^7$, qu'on pourrait appeler *acide perplombique*, par analogie avec l'acide persulfurique de Berthelot, qui prend naissance dans des circonstances analogues par la combinaison de l'acide sulfurique avec le peroxyde d'hydrogène.

» La formation de H^2O^2 au détriment de l'électrolyte libérerait au pôle négatif H^2 , qui s'unirait au plomb spongieux de la plaquette négative, soit sous forme d'hydrure H^2Pb^2 , soit sous forme d'occlusion.

» L'accumulateur chargé se présenterait donc sous la forme



» Nous sommes amenés à faire entrer en jeu deux équivalents de plomb et trois d'acide sulfurique, pour la raison que les analyses du liquide, avant et après la décharge d'un nombre d'ampères-heure déterminé, nous ont toujours indiqué 1^{er},5 électrochimique d'acide disparu par eoulomb, soit 2^{es},757 par ampère-heure, au lieu de 3^{es},676 qu'indiquerait la double sulfatation.

» Les chiffres trouvés par moi sont d'autant plus concluants qu'ils concordent exactement avec l'augmentation du poids des électrodes, basée sur les expériences d'Anvers.

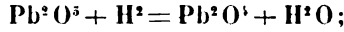
» Au moment de la fermeture du courant au pôle positif, le groupe H^2O^2 se détacherait d'abord de l'acide perplombique



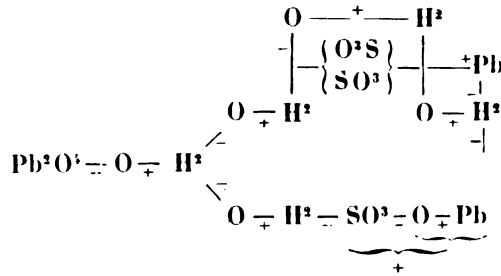
pour laisser de l'acide plombique.

» Probablement, ce scindement existe déjà au premier moment de la production du courant; car, sans nul doute, la combinaison $\text{Pb}^2\text{O}^5 + \text{H}^2\text{O}^2$, étant peu oxothermique, se dédoublerait d'elle-même très facilement. Cette considération expliquerait peut-être le coup de fouet au moment de la fermeture du courant. Pendant la production du courant, ce scindement se ferait au fur et à mesure.

» Le groupe H^2O^2 se dédoublera à son tour en H^2 et 2O ; H^2 à l'état naissant détacherait un O du groupe Pb^2O^3 pour former H^2O

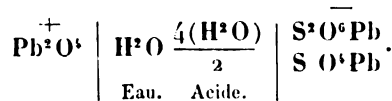


tandis que les deux O libérés entreraient en combinaison en deux chaînes parallèles, par l'intermédiaire des deux groupes d'acide sulfurique, l'un double, l'autre simple, suivant le schéma ci-dessous :



» Dans chacune des chaînes parallèles, O détacherait successivement H^2 du groupe suivant, ce qui affranchirait un O à l'autre extrémité de la chaîne. Les réactions, dans les deux chaînes parallèles, ne seraient pas complètement identiques; mais probablement le courant se répartirait, à peu près également, entre les deux groupes, car il est à supposer que la somme algébrique des calories libérées sera la même dans les deux chaînes. Dans le premier groupe, le dernier O s'unirait à H^2 de l'hydruide de plomb et libérerait 2Pb naissant, dont l'un s'unirait au groupe S^2O^6 affranchi, pour former un hyposulfate de plomb $\text{S}^2\text{O}^6\text{Pb}$, tandis que le second, Pb, s'unirait dans l'autre chaîne au dernier O libéré, puis au groupe affranchi SO^3 pour former un sulfate SO^4Pb .

» L'accumulateur déchargé consisterait donc en peroxyde de plomb au pôle positif, et au pôle négatif en un mélange ou peut-être même une combinaison d'hyposulfate et de sulfate de plomb,



» Il aurait été absorbé du liquide 3 équivalents électrochimiques d'acide sulfurique, pour un nombre de coulombs moitié de celui

produit, puisque le courant s'est dédoublé en deux lignes parallèles, ce qui correspondrait à 1^{eq},5 électrochimique par coulomb. En même temps, le liquide se serait enrichi de 5 équivalents électrochimiques d'eau, dont un correspondant au nombre total de coulombs, et les quatre autres à la moitié du nombre des coulombs. On peut donc dire qu'il a été ajouté au liquide 3 équivalents électrochimiques d'eau, correspondant au nombre total de coulombs. On comprend facilement que la réaction se produise exactement en sens inverse pendant la charge. Dans les deux groupes parallèles, la molécule O sera successivement chassée, par l'intermédiaire des groupes sulfuriques, jusqu'à la dernière molécule H² au pôle positif, pour former H²O² qui, s'unissant de nouveau à Pb²O³, reformerait l'acide perplombique H²Pb²O⁷; tandis qu'au pôle négatif il se reformerait de nouveau H²Pb²; dans l'électrolyte, 1^{eq},5 électrochimique de H²SO⁴ serait restitué par coulomb et 3H²O absorbés.

» Dans la chaîne inférieure, il est facile de calculer les chaleurs de formation et de décomposition de la réaction, en partant du moment où le groupe H²O² est déjà détaché du pôle positif; en effet, H²O², se scindant en H² et O² absorbé — 23^{Cal},7, H² s'unissant à O, dégage + 34,5; l'oxydation de Pb en PbO donne + 25,5 et la sulfatation de l'oxyde de plomb encore + 10,7. La somme algébrique des calories dégagées sera de 47^{Cal} et comme 23^{Cal} correspondent à 1^{volt}, le nombre de calories dégagées par cette réaction correspond à 2^{vols},04. C'est bien près de la réalité.

» En se basant sur ces réactions, si l'on calcule l'augmentation de poids des électrodes, on arrive par ampère-heure à 2^{gr},3763 d'augmentation pour le négatif et à 0^{gr},63546 de diminution pour le positif, soit à un total de 1^{gr},73817 d'augmentation à la décharge, ou de diminution à la charge. Or, en comparant ce chiffre au chiffre trouvé par la Commission d'Anvers, on arrive à une concordance parfaite : une moyenne de vingt pesées a donné à Anvers pour 36^{amp-h},5 une diminution de poids de 64^{gr},160, tandis que notre calcul donne 63^{gr},443.

» Les analyses du liquide, faites avant et après une décharge de 128 ampères-heure, ont accusé une disparition de 0^{gr},0245 de soufre par centimètre cube de liquide, l'accumulateur contenant

4770^{cc}. En calculant sur cette base la quantité d'acide sulfurique disparu, on arrive exactement au chiffre théorique.

» Il est à remarquer à ce propos que, pendant la charge ou la décharge d'un accumulateur, le volume du liquide ne variait pas d'une façon appréciable; cela tient à ce que le volume de l'acide absorbé au pôle négatif correspond sensiblement au volume de l'eau libérée. Ceci n'aurait pas lieu d'après la théorie de la double sulfatation.

» Une série de mesures de densités de l'électrolyte, avant et après une décharge déterminée, a toujours exactement concordé avec les chiffres calculés d'avance, en se basant sur la réaction proposée.

» Cette parfaite analogie entre les indications données par la théorie que j'ai l'honneur, Messieurs, de vous soumettre et les résultats de l'observation directe donne un certain droit à considérer cette théorie sinon, peut-être, comme la vraie, du moins, jusqu'à preuve du contraire, comme se rapprochant le plus de la vérité. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. Drzewiecki.

M. G. ROUX. — « Je fais observer que l'on ne peut guère admettre l'hypothèse de la formation d'un sous-sulfate de plomb lors de la décharge, comme le suppose l'hypothèse de M. Drzewiecki, pour cette raison que les sous-sulfates de plomb ne sont pas stables dans les liquides acides. Sa formation au sein du liquide de l'accumulateur semble donc bien improbable. »

M. ST. DRZEWIECKI. — « Je n'insiste pas sur l'existence au pôle négatif d'hyposulfate libre; il peut entrer lui-même en combinaison avec le sulfate et le plomb restant; ce point n'a pas grande importance. Les chaleurs de formation des composés complexes qui peuvent se former sont certainement très faibles, et ne peuvent pas changer le résultat d'une manière sensible, quel que soit celui d'entre eux qui se forme. »

M. C. FAURE. — « Le mode d'investigation exposé par M. Drzewiecki me paraît mériter toute approbation. C'est bien, en effet, par la vérification expérimentale d'hypothèses qui sont établies en partant des lois de la Thermochimie que l'on peut espérer arriver à connaître

la nature exacte des réactions qui s'effectuent au sein des accumulateurs.

» Je désire seulement présenter une observation sur un point d'expérience, au sujet duquel mes anciens essais m'ont conduit à des résultats différents de ceux de M. Drzewiecki. Il s'agit de la réduction du sulfate de plomb par le courant, réduction que M. Drzewiecki n'a pas pu obtenir.

» J'ai obtenu facilement cette réduction, en couvrant de sulfate des plaques de plomb et en les soumettant à l'action du courant pour en former des plaques d'accumulateur; j'ai ainsi obtenu de bonnes plaques. »

M. ST. DRZEWIECKI. — « Je ne puis que répéter que je ne suis jamais parvenu à peroxyder mes plaquettes de sulfate de plomb; c'est d'après le résultat de ces essais que j'ai été amené à penser que cette réaction était impossible. »

M. J. SARCIA. — « Mon expérience de la fabrication des plaques d'accumulateur m'a conduit exactement au même résultat que celui que signale M. Drzewiecki. Ayant mis sur un même quadrillage de plomb durci des pastilles de sulfate de plomb et d'autres pastilles de litharge spongieuse, disposées en quinconce, j'ai vu la litharge se peroxyder très rapidement sous l'action du courant. Une action prolongée bien longtemps après que la litharge était complètement peroxydée n'a pas pu amener trace de formation de peroxyde sur les pastilles de sulfate. »

M. C. FAURE. — « J'ai pourtant obtenu cette peroxydation du sulfate. Je pense que la différence des résultats peut tenir à une question de manipulation. Dans mes essais, le sulfate était appliqué avec soin, et pressé contre la lame de plomb servant de support, de manière à y adhérer franchement. C'est peut-être là qu'il faut chercher la cause de la différence des résultats obtenus par ces Messieurs et par moi. »

**L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE APPLIQUÉ AUX VOITURES DE CHEMIN DE FER
PAR LES ACCUMULATEURS.**

M. J. SARCIA. — « Le plus ancien mode d'éclairage des voitures de chemin de fer et le plus répandu est réalisé avec la lampe à huile végétale. La sécurité et l'économie qu'il procure, tant au point de vue de la consommation quotidienne que de l'installation des lampes, l'ont fait préférer jusqu'à ce jour à tout autre système d'éclairage.

» Il présente, néanmoins, de nombreux inconvénients qui ne sont pas sans importance, et qui sont assez connus pour qu'il ne soit pas nécessaire que je les rappelle.

» Lorsque l'on substitue, comme en Amérique, l'huile minérale à l'huile végétale, on substitue d'autres inconvénients aux premiers, et l'on cite d'assez nombreux accidents de chemin de fer aux États-Unis, qui ont été suivis de l'embrasement des wagons dû à l'emploi de lampes à huile minérale. Toutefois, si, comme électriciens, nous pouvons critiquer l'emploi de la lampe à huile pour l'éclairage des voitures de chemin de fer, nous ne devons pas, en toute justice, passer sous silence son principal avantage : celui d'assurer l'indépendance de ces voitures au point de vue de l'éclairage. J'ajouterai, d'ailleurs, que cet avantage peut être conservé avec l'emploi de la lumière électrique.

» Il peut même être augmenté, en ce sens que la manipulation des lampes à huile nécessite du personnel une manœuvre parfois dangereuse, consistant à se déplacer sur le plafond des voitures, tout le long du train, pour le nettoyage et la mise en état des lampes. Comme ces opérations ne peuvent être faites que dans les gares et pendant le stationnement des trains, il en résulte d'ailleurs l'obligation d'allumer les lampes longtemps d'avance en plein jour, en prévision d'un passage de tunnel, par exemple, ce qui est une augmentation de dépenses. Avec la lumière électrique, au contraire, on peut allumer par le simple jeu d'un commutateur, soit à la main, soit automatiquement, et au moment où l'éclairage est nécessaire, sans attendre ou nécessiter le stationnement du train : et, de la même manière, l'extinction peut se faire facilement; enfin il n'y a aucun entretien à faire aux lampes.

» Cette facilité d'allumage et d'extinction des lampes pendant la marche des trains que donne la lumière électrique présente de grands avantages, non seulement à cause de l'économie réalisée dans les dépenses d'éclairage, mais encore parce qu'elle permet de diminuer les arrêts des trains, la durée de leur trajet, et, par suite, d'augmenter la capacité des voies ferrées.

» Avant de passer à la description sommaire des divers systèmes d'éclairage par la lumière électrique proposés ou essayés pour les voitures de chemin de fer, je dois dire, à propos de l'éclairage au gaz pour ces mêmes voitures que, malgré les très sérieux progrès réalisés avec ce système d'éclairage, et bien qu'il ait pris une très grande extension, notamment à l'étranger, le problème de l'éclairage des voitures par le gaz n'est pas sans présenter quelques difficultés, dues à la constitution du gaz lui-même et à son mode d'emploi (1).

» Lorsque la question de l'éclairage des trains par la lumière électrique s'est présentée pour la première fois, l'accumulateur en était à ses débuts industriels.

» Pour réaliser le moindre éclairage avec une durée de quelques heures, il exigeait un poids considérable d'accumulateurs, et la solidité des plaques laissait particulièrement à désirer. Le prix de revient, auquel il fallait ajouter un taux d'intérêt d'amortissement et de renouvellement assez élevé, était notablement supérieur à celui obtenu avec les anciens systèmes d'éclairage.

» Depuis, la fabrication des plaques a été perfectionnée et, par conséquent, leur durée s'est trouvée sensiblement augmentée. Leur remplacement est devenu possible sans trop grever les frais d'exploitation, et l'éclairage électrique des trains a pu être tenté avec succès.

» L'accumulateur est, en effet, indispensable pour réaliser cet éclairage; il est bien certain qu'on pourrait avoir recours, en dehors de lui, à une autre source d'électricité : une machine dynamo, par exemple, mue soit par l'essieu d'un véhicule, soit par un moteur empruntant sa vapeur à la locomotive.

» Mais l'exclusion des accumulateurs aurait pour inconvénient,

(1) Voir à ce sujet un article publié dans la *Revue générale des chemins de fer*, en février 1882.

soit de plonger le train dans une obscurité complète à tous les arrêts, de faire varier la lumière avec la vitesse des trains, soit encore de le plonger dans l'obscurité pendant sa formation et dans le cas de rupture d'allumage.

» Il faut également signaler les essais d'éclairage des trains qui ont été tentés au moyen des piles primaires, avec les mêmes avantages techniques qu'avec les accumulateurs.

» Nous signalerons, en particulier, les essais faits entre Paris et Bruxelles par la Compagnie internationale des wagons-lits avec la pile Desruelles.

» Dans cette pile, M. Desruelles avait apporté de grands perfectionnements en supprimant les attaques locales à circuit ouvert, par une amalgamation spéciale des zincs, et en substituant le bichromate de soude comme dépolarisant au bichromate de potasse. Dans l'installation des voitures des wagons-lits, M. Desruelles avait ajouté plusieurs appareils commodes, entre autres un rhéostat à enclenchement automatique, qui ne pouvait être manœuvré à la main par le conducteur de la voiture que lorsque la différence de potentiel aux bornes de la batterie avait subi une certaine variation. On a reconnu depuis que cet appareil était, cependant, un peu trop délicat pour être confié à des conducteurs de trains.

» Toutefois, l'éclairage des wagons-lits avec la pile Desruelles a fonctionné d'une façon convenable et n'a été abandonné qu'à cause de son coût relativement élevé, et des opérations qu'exigeait l'entretien des piles.

» Nous passons aux essais d'éclairage électrique faits avec les piles secondaires ou les accumulateurs, soit avec le secours d'une dynamo, soit utilisés seuls.

» Ce n'est pas le lieu d'entamer sur chaque accumulateur une discussion technique permettant d'apprécier la valeur des différents systèmes.

» Il est bon cependant de faire remarquer d'une manière générale que, depuis quelques années, dans des conditions identiques de décharge et de charge, le rendement en énergie de certains appareils a passé de 50 à 80 pour 100 environ; que, d'autre part, la capacité utile atteint souvent et dépasse quelquefois 10 ampères-heure par kilo de plaque, même avec des plaques de 8^{mm} à 10^{mm} d'épaisseur.

» D'autre part, les frais d'amortissement annuel de ces appareils ont subi une notable diminution depuis quelques années, grâce à leur durée, dont on trouve la cause dans une meilleure fabrication.

» Il n'y a pas à le dissimuler, au début, les plaques positives d'un accumulateur, surtout lorsqu'elles étaient soumises aux cahots dus à la traction par voie ferrée, duraient à peine six mois. Dans quelques essais malheureux, cette durée s'est même abaissée à trois mois. Les perfectionnements apportés dans la fabrication permettent aujourd'hui d'affirmer qu'elle est de deux ans au minimum.

» Quelques appareils, si l'on en juge par les premiers essais auxquels ils ont été soumis, auront encore une durée beaucoup plus grande. En effet, les Sociétés sérieuses fabriquant actuellement des accumulateurs n'hésitent pas à prendre le renouvellement des plaques à forfait, moyennant une redevance annuelle variant de 10 à 15 pour 100 du prix d'achat. Dans ce dernier cas, le plus défavorable, on voit que l'amortissement des plaques peut se faire entre sept et dix ans environ.

» Il est vrai d'ajouter que les fabricants font entrer dans l'amortissement les plaques négatives, dont la durée est presque indéfinie.

» Il est également vrai que ce renouvellement est généralement basé sur l'emploi des accumulateurs pour des installations à poste fixe, dans lesquelles les plaques sont soumises à des chances bien moindres d'accidents que dans les applications d'éclairage électrique aux voitures de chemin de fer.

» Il paraîtrait donc logique d'augmenter le chiffre de l'amortissement dans ce dernier cas.

» Mais il résulte d'expériences récentes faites au chemin de fer du Nord qu'à la matière active de certains accumulateurs résiste aussi bien au mouvement qu'au repos.

» Ceci posé, nous allons dire quelques mots des essais faits pour l'éclairage des voitures avec des accumulateurs complétés par une dynamo.

» Remarquons tout d'abord que ce mode d'éclairage ne répond pas à une bonne exploitation, telle qu'elle est exigée par les ingénieurs chargés de diriger les chemins de fer. Ces derniers sont d'avis, en principe, qu'il faut, autant que possible, laisser à chaque voiture son indépendance absolue en ce qui touche son éclairage. Quel-

ques-uns poussent le principe plus loin et voudraient même que cette indépendance fût étendue à chaque caisse particulière d'une même voiture.

» On ne saurait trop approuver cette manière de voir, quand on songe aux complications qui existent déjà dans la composition des trains, et qui sont dues aux nécessités de l'inter-communication des voitures, électriques ou autres, et à l'emploi des freins à vide, à air comprimé ou électrique.

» Or, à moins d'avoir une dynamo spéciale par voiture, actionnée par un des essieux du véhicule, solution qui a, du reste, été proposée et paraît abandonnée, il est clair qu'il faut relier par un circuit unique les différentes voitures du train, et, dans ce cas, on supprime radicalement l'indépendance des voitures composant le train.

» Si, au contraire, la dynamo est montée sur chaque voiture avec commande par un essieu du véhicule, sa vitesse est fonction de celle du train.

» Il faut alors qu'un appareil délicat et, par conséquent, facilement déréglable rompe le circuit de charge de la batterie d'accumulateurs, lorsque la vitesse de marche n'a pas atteint un certain régime, et rétablisse ce circuit à ce même régime de marche.

» D'autre part, pendant les arrêts en gare, la batterie d'accumulateurs de la voiture concourt seule à son éclairage. Pour éviter, à ce moment, un débit trop grand par kilo de plaque, il faut constituer la batterie avec des dimensions telles qu'une bonne charge avant le départ suffise à assurer l'éclairage pendant toute la durée du voyage. La dynamo crée donc, pour ainsi dire, une complication inutile et coûteuse.

» J'arrive à la description des différents systèmes proposés ou essayés, et basés sur l'emploi des accumulateurs seuls pour l'éclairage des trains.

» Je ne peux mieux faire que de reproduire les renseignements donnés à ce sujet dans le Rapport fait au Congrès des chemins de fer par MM. E. Sartiaux et L. Weissenbrüch (¹).

(¹) Congrès international des chemins de fer, 3^e session; Paris, 1889. *Rapport sur les applications de l'électricité*, par MM. Eug. Sartiaux, chef du service électrique au Chemin de fer du Nord (France), et L. Weissenbrüch, ingénieur au ministère des Chemins de fer, Postes et Télégraphes (Belgique).

» *Chemin de fer de Paris à Orléans*. — Un des premiers essais de
» ce mode d'éclairage a été fait, en 1883, par la Compagnie des che-
» mins de fer de Paris à Orléans.

» Les accumulateurs Faure-Sellon-Wolkmar étaient disposés
» dans de longues boîtes qu'on devait placer sous les banquettes
» des voitures.

» Avant tout essai, la Société intéressée proposa une démonstra-
» tion de son éclairage dans un train qui circula, le 5 mai 1883, avec
» des voitures munies de différentes catégories de lampes à huile
» ou à gaz, et une voiture éclairée par les lampes à incandescence.
» Ces lampes, de 10 volts et 2 ampères, étaient installées dans les
» lanternes habituelles de la Compagnie ; chaque compartiment était
» éclairé par deux lampes ayant une valeur nominale de 6 bougies,
» mais donnant réellement une intensité lumineuse de 1,480 carcel.
» L'éclairage ainsi disposé devait employer un poids de 2^{kg} d'ac-
» cumulateur par lampe et par heure.

» Cet essai d'éclairage, dont la durée avait été de cinq heures,
» donna des résultats séduisants au point de vue de la quantité de
» lumière, mais il montra que le débit de 2 ampères par lampe
» conduisait à l'emploi d'un poids d'accumulateurs beaucoup trop
» considérable pour permettre l'éclairage pendant une marche pro-
» longée, sans intervention et renouvellement des éléments.

» A la suite de cette expérience, des essais furent décidés. La So-
» ciété *French Electrical Power Storage* devait fournir des accumu-
» lateurs complètement chargés dans ses usines et proposer des
» types de lampes dont l'éclairage serait obtenu au moyen des poids
» d'accumulateurs qu'elle indiquerait. Les agents de la Compagnie
» d'Orléans suivraient les essais et relèveraient l'intensité et la
» durée de l'éclairage.

» Dans le premier essai, fait en gare en avril 1883, une batterie
» de 20 accumulateurs Faure, comportant chacun 4^{kg},400 de ma-
» tière utile et pesant environ 6^{kg}, alimentait 4 lampes Swan de
» 36 volts et 0^{amp},75. L'intensité lumineuse diminua rapide-
» ment et devint tout à fait insuffisante au bout de six heures.
» Chaque lampe avait donc épuisé 5^{kg} d'accumulateurs par heure.

» Dans un second essai (septembre 1883), dont la durée fut celle
» d'un voyage de Paris à Bordeaux et retour (sept heures), on tenta

» d'alimenter, avec 320^{kg} d'accumulateurs, 8 lampes Swan placées
» dans une voiture. On constata qu'au bout de quelques heures la
» lumière était devenue trop faible.

» En résumé, voici quelles furent, au point de vue purement
» technique, les conclusions que l'on tira de ces essais :

» Pour l'éclairage d'un train express de Paris à Bordeaux et
» retour, il aurait fallu au moins 400^{kg} d'accumulateurs par voi-
» ture, avec des lampes de 35 volts à 0^{amp},75; il aurait fallu em-
» ployer 19 à 20 éléments de 20^{kg} à l'origine et avoir 4 ou 5 élé-
» ments de renfort pour la seconde partie du trajet, et l'on aurait
» encore eu l'inconvénient, si l'on ne s'occupait pas de régler en
» cours de route la force électromotrice du courant, d'avoir une
» lumière inconstante, trop forte à l'origine pour la résistance de la
» lampe, trop faible pour le voyageur au bout de quelques heures.

» Le système proposé présentait donc l'inconvénient de donner
» à chaque voiture une surcharge d'au moins 400^{kg} à 500^{kg} et de
» produire, à un prix très élevé, une lumière dont la fixité ne pouvait
» être obtenue que par l'intervention du personnel en cours de
» route. D'autre part, il avait le défaut, commun à tous les éclai-
» rages électriques, de rendre solidaires toutes les lampes d'une
» voiture, de telle sorte qu'une avarie survenue en un point quel-
» conque jetait la perturbation dans l'éclairage tout entier.

» En considération de ces résultats et de diverses circonstances,
» parmi lesquelles il faut citer la réussite de l'éclairage minéral
» avec les lampes Shallis et Thomas, la Compagnie d'Orléans re-
» nonça à éclairer électriquement ses trains et adopta l'éclairage
» minéral en plaçant deux lampes par compartiment. »

» Il n'est pas nécessaire d'insister pour faire remarquer combien
les conclusions du Rapport précédent ne sont plus exactes. Depuis ces
essais, les accumulateurs électriques ont fait de grands progrès, et
comme durée et comme capacité.

» *Pennsylvania Railroad.* — Les premiers essais d'une certaine
» durée entrepris en service courant par ce chemin de fer remontent
» au mois d'avril 1885. Huit wagons-salons nouvellement construits
» furent munis chacun de 10 lampes Brush-Swan, de 45 volts et
» 1 ampère (12 bougies), et de 24 éléments d'accumulateurs Brush
» genre Planté. Chaque élément se composait de deux plaques né-

» gatives et une positive. Les premières mesuraient $20^{\text{cm}} \times 22^{\text{cm}}, 5$
» $\times 1^{\text{cm}}, 25$, la troisième $20^{\text{cm}} \times 22^{\text{cm}}, 5 \times 2^{\text{cm}}, 50$.

» Les accumulateurs étaient dans deux boîtes à trois comparti-
» ments de chaque côté d'un wagon. Les 24 éléments pesaient
» 600^{kg} . Ils étaient couplés en série. Le chargement se faisait au
» moyen d'une dynamo Brush pour foyers à arc donnant un courant
» de 10 ampères; il durait quinze à vingt heures. Ces premiers essais
» furent défavorables pour les motifs suivants :

» 1° La capacité des batteries n'était en fait que de 4 ampères-
» heure environ par kilogramme d'électrode. Calculées pour une
» durée d'éclairage de six heures et demie à sept heures, elles ne
» donnaient en réalité que cinq heures d'éclairage.

» 2° La durée des plaques positives n'atteignait pas un an.

» Elles avaient une tendance à se gondoler et à se sulfater très
» rapidement, et les attaches des plaques se brisaient trop souvent
» à l'improviste. Au bout de ce temps, elles présentaient des trous
» de près de $0^{\text{m}}, 10$ de diamètre, et l'épaisseur du dépôt au fond des
» bocalx atteignait $0^{\text{m}}, 02$ à $0^{\text{m}}, 03$.

» 3° Le remplacement des caisses d'accumulateurs, pesant 300^{kg}
» chacune, était extrêmement difficile, parce qu'il devait se faire de
» chaque côté des voitures au travers de voies très souvent occupées.

» 4° Les lampes étaient très fragiles. La casse atteignait parfois
» 4 pour 100 par jour. A partir du mois de décembre 1886, on mit
» en service une batterie d'accumulateurs genre Faure de l'*Electrical*
» *accumulator Co* (type 7 B.), puis, en juin 1887, deux autres iden-
» tiques ainsi que deux de même grandeur de la *Julien Electric Co*.

» Toutes ces batteries se comportèrent très bien, excepté celles
» du système Julien, dont la pâte d'oxyde des positifs se détacha ra-
» pidement. Il est vrai de dire qu'elles n'étaient pas d'un type de
» fabrication courante et que les dimensions en avaient été im-
» posées. Ces positifs furent remplacés par d'autres de l'*Electrical ac-*
» *cumulator Co*. A la fin de 1887, les huit anciennes batteries Brush
» furent encore remplacées par d'autres de la Compagnie précitée.

» Le résultat des essais fut extrêmement satisfaisant. La capacité
» des nouvelles batteries fut trouvée double des primitives et l'on
» se décida, pour ce motif, à employer des lampes Edison de 23 volts
» et à accoupler les 24 batteries de chaque voiture en deux séries

» de 12. On utilise seulement l'une d'elles et l'on demande au be-
» soin à l'autre quelques éléments de réserve pour compléter le
» voyage.

» Il suffit ainsi de remplacer chaque fois les caisses d'un seul côté
» du train, ce qui n'amène plus de difficultés pour traverser les
» voies ou pour passer les caisses sous les voitures.

» De plus, suivant en cela un système plus rationnel, le charge-
» ment des accumulateurs se fait actuellement au moyen d'une
» dynamo à incandescence.

» Les positifs d'accumulateurs mis en service en décembre 1886
» ont dû être remplacés au bout d'un an, mais ceux qui datent de la
» fin de 1887 étaient encore en usage au mois de mai dernier, et ils
» n'avaient subi d'autre détérioration que la destruction tout occa-
» sionnelle d'une seule plaque. Aucun négatif n'a dû être rebuté.

» On vient de terminer la substitution du gaz à l'électricité dans
» les sept salons restants. Les nouvelles caisses sont un peu plus
» grandes que les anciennes; chacune contient 15 éléments du
» type 23 C. de l'*Accumulator Co* ou du type 19 B. de la *Julien*
» *Electric Co*.

» D'après nos calculs, en admettant que chaque lampe de 23 volts
» exige une intensité de 1^{amp},6 (12 bougies); que chaque élément,
» pesant 25^{kg} avec la caisse, ait un poids utile de 16^{kg}, chacune des
» deux caisses de chaque voiture, contenant 16 éléments et pesant
» 400^{kg}, peut alimenter l'éclairage pendant dix heures environ.

» *Boston and Albany Railroad*. — Après un essai préliminaire,
» les trains partant de Boston et de New-York à 4^h30^m furent, à par-
» tir du mois de mars 1887, éclairés à l'électricité.

» Chaque voiture de 1^{re} classe porte 22 lampes, dont 2 sur les
» plates-formes, 16 dans la voiture, et le reste dans les vestibules
» et les toilettes. Elles sont du système Weston, de 60 volts et de
» 1^{amp},1 (16 bougies); mais une voiture qui a des lampes Edison
» se comporte si bien qu'on compte recourir désormais unique-
» ment à ce système.

» 60 éléments d'accumulateurs Julien sont placés sous la voiture
» en deux groupes séparés, qui alimentent chacun 11 lampes.
» Chaque groupe comprend 27 éléments en série et 3 en réserve,
» que l'on intercale à la fin de la décharge.

» Le poids total de 1 élément est de 17^{kg} (12^{kg} de poids utile). Ils
» sont arrangés par 6 dans des caisses munies de poignées et pou-
» vant être mises en place par deux hommes.

» Le chargement se fait actuellement sur une voie de garage, sans
» enlever les caisses, au moyen d'un commutateur qui, par la simple
» manœuvre dans une direction d'une combinaison de quatre le-
» viers, met tous les éléments en série, les détache du circuit des
» lampes et les relie à celui de la dynamo.

» On utilise seulement neuf heures d'éclairage; mais s'il fallait
» une heure ou deux de plus, il y aurait, paraît-il, assez de réserve
» pour les obtenir. (En admettant 10 ampères-heure par kilo-
» gramme utile, le calcul donne dix heures.)

» La charge est de 180 ampères-heure sous une intensité de 18
» à 12 ampères. En admettant 15 ampères-heure par kilogramme,
» elle ne devrait être que de 146.

» On a essayé de la réduire à 140 ou 130 ampères-heure; mais,
» d'après M. Blodgett, l'éclairage était moins bon, quelques élé-
» ments n'étant pas en excellent état. Le rendement n'est donc que
» de 60 pour 100 environ.

» *Pullman Palace Car Co.* — Les essais de cette Compagnie re-
» montent à 1887. Ils ont été entrepris sur l'un des trois trains
» express entre New-York et Chicago. Chaque voiture contenait
» 30 éléments type 7 B. de l'*Electrical accumulator Co.*, et chaque
» train avait en moyenne six voitures. Un autre train fut équipé de
» la même façon avec des éléments *Julien* type 19 B.

» L'éclairage était excellent et les deux espèces d'accumulateurs
» se comportèrent également bien; mais le chargement devait avoir
» lieu à chaque terminus, à Chicago et à Jersey-City.

» Dans ces deux stations, on utilisait, à cet effet, les dynamos
» fixes de l'éclairage. Les difficultés qui en résultaient à Jersey-
» City, où le train arrivait le soir pendant que les dynamos étaient
» en service pour l'éclairage de la gare, conduisirent la *Pullman*
» *Palace Car Co.* à tenter de placer dans un fourgon une dynamo ac-
» tionnée par un moteur à vapeur rapide.

» *Canadian Pacific Railway.* — Le premier train du Canada
» éclairé à l'électricité a été celui de Montréal à Ottawa. Mais,
» depuis lors, les installations d'essai sont devenues définitives et

» ont été étendues. Il n'y a d'ailleurs d'autre disposition particulière à signaler que l'emploi d'un raccord flexible pour alimenter certaines voitures au moyen des accumulateurs placés sous les voitures voisines.

» *Chemin de fer du Nord-Est Suisse.* — Ce chemin de fer a aussi muni une voiture d'un de ses trains de lampes électriques. Cette voiture, appartenant à un train ordinaire circulant entre Zurich et Richtersweil, avait quatre compartiments, savoir :

Un coupé de première classe	8 places
Un coupé de deuxième classe	8 places
Un coupé de deuxième classe	16 places, water-closets et toilette

» Chaque compartiment était éclairé par une lampe. Deux lampes, placées sur les plates-formes, n'étaient allumées qu'aux arrêts. Il y avait donc en tout 6 lampes de 15 volts et de 0^{amp},24 donnant une intensité de 10 bougies. Une batterie d'accumulateurs de 8 éléments, pesant 180^{kg} avec la caisse, était placée sous la voiture. Chaque élément avait une capacité de 150 ampères-heure (20^{kg} d'électrodes par élément), et, en admettant une consommation de 3 watts par bougie, l'éclairage pouvait être entretenu pendant plus de treize heures (en comptant les lampes des plates-formes).

» Si l'on avait remplacé les lampes des plates-formes et des water-closets par des lampes de 6 bougies, on aurait obtenu seize heures et demie.

» L'expérience aurait montré la supériorité très grande de la lumière électrique sur celle du gaz Pintsch du même train. Le poids des réservoirs à gaz serait double de celui des accumulateurs électriques pour un même nombre de brûleurs et d'heures d'éclairage.

» *Chemins de fer de la Suisse occidentale et du Simplon.* — Cette Compagnie a commencé à éclairer, depuis le mois de décembre dernier, une de ses voitures à voyageurs au moyen de 7 lampes Kotinsky de 18 volts, exigeant un courant d'une intensité totale de 9^{amp},6 (3 lampes de 10 bougies, 2 de 8 et 2 de 6). Chaque lampe est pourvue d'un commutateur à main.

» La source d'électricité est formée d'une batterie de 9 éléments

» secondaires de 15 plaques, système Huber, provenant de l'usine
» Blanc, à Marly-le-Grand (Fribourg). Le poids total de la batterie
» est de 115^{kg} et celui des électrodes de 72^{kg},6 (soit 8^{kg},06 par élément). La capacité d'un élément est de 120 ampères-heure
» (15 ampères-heure par kilogramme utile).

» La durée de l'éclairage est donc de douze heures et demie.

» Pendant les trois premiers mois, la durée effective de l'éclairage était de sept à huit heures. Aujourd'hui que cette durée est descendue à cinq heures, une charge suffit pour deux jours.

» L'intensité maxima du courant de charge est de 15 ampères, et la durée de la charge varie de quatre heures et demie à six heures, suivant les besoins.

» L'échange des batteries a lieu à la gare de Fribourg, où la Compagnie opère la charge dans ses ateliers.

» Malgré les douze heures de trajet que faisaient chaque jour les accumulateurs, leurs plaques ne présentaient, au bout de quatre mois, à la date de mai dernier, aucune trace de déformation ou de détérioration quelconque, et leur valeur électrique était restée constante.

» Les lampes aussi étaient intactes après avoir donné huit cents heures d'éclairage. »

» *Chemin de fer du Nord français.* — Sur les instructions et d'après les indications générales de M. A. Sartiaux, ingénieur en chef de la Compagnie du Nord, M. E. Sartiaux, Chef du service télégraphique du Chemin de fer du Nord français, a entrepris depuis deux ans des études sur les applications des accumulateurs électriques aux chemins de fer. Après de nombreuses expériences, les essais d'application ont été faits avec des accumulateurs électriques de la Société pour le travail électrique des métaux. Ces derniers appareils ont été, au début, utilisés à la manœuvre d'un cabestan électrique qui actionne la plaque tournante des locomotives des trains-tramways à la gare de Paris.

» J'ouvre une parenthèse pour vous donner quelques renseignements sur l'accumulateur à poste fixe dont vous voyez un spécimen devant vous et dont tous les détails ont été étudiés par M. E. Sartiaux.

» Les queues de ces plaques d'accumulateurs sont recourbées et

le boulon de groupement se serre au-dessous de la queue. On obtient ainsi la faculté de démonter une ou plusieurs plaques tant à la charge qu'à la décharge, sans interrompre le fonctionnement de la batterie.

» Le support des plaques est constitué par deux montants ou cadres en matière isolante analogue à l'ébonite, mais d'un prix moins élevé, et reliés par des entretoises en cristal qui ont la forme de râtelier et permettent, au montage, d'isoler les plaques entre elles électriquement et de les isoler du fond du vase. Ce châssis permet en outre d'enlever d'un seul coup toutes les plaques d'un même accumulateur en dehors du bac.

» Le bac est formé par un châssis en fer cornière garni sur les grands côtés et le fond de glaces en verre martelées et de glaces polies pour les deux petits côtés. Ces deux genres de verres ont été adoptés dans un but d'économie, tout en permettant de surveiller d'une manière permanente l'état des plaques sans les démonter; enfin le scellement des glaces sur le châssis en fer est fait avec un mastic spécial, inattaquable à l'eau acidulée, et assurant l'étanchéité; le tout est enduit d'un vernis noir résistant à l'action de l'acide.

» Les accumulateurs de ce modèle employés à l'état de repos pour divers usages, et entre autres à la manœuvre d'un cabestan électrique cité plus haut, ont donné des résultats assez satisfaisants pour décider la Compagnie du Nord à faire avec eux un essai d'éclairage électrique dans les voitures.

» A la demande de la Compagnie internationale des wagons-lits, cet essai a été entrepris sur un train de luxe circulant entre Paris, Calais, Douvres et Londres, et connu sous le nom de *Club-Train*. Cet essai a nécessité toute une série d'études, tant au point de vue de la forme des plaques que du montage des appareils, qui ont été également faites par M. E. Sartiaux.

» Les plaques se composent en principe de pastilles indépendantes de plomb spongieux pour les plaques négatives, et de peroxyde de plomb cristallisé et spongieux pour les plaques positives.

» Ces pastilles, disposées dans un moule *ad hoc*, sont reliées entre elles par un quadrillage de plomb antimonieux qui leur sert de support mécanique et de conducteur électrique.

» Afin de diminuer le poids à faire porter par les voitures, les pastilles ont conservé leur ancienne épaisseur de 10^{mm}, pendant que celle du quadrillage était ramenée à 8^{mm}. En outre, à l'ancienne queue de groupage recourbée a été substituée une queue droite beaucoup plus courte et, par conséquent, beaucoup plus légère. Cette nouvelle plaque a pris, du reste, le nom de *plaque type Wagons-Lits* et sera utilisée dans les autres éclairages de voitures.

» Le bac d'un accumulateur est constitué par une boîte mince, en chêne, ferrée extérieurement et doublée intérieurement par une seconde boîte en matière isolante analogue au caoutchouc durci, aussi légère que lui, mais d'un prix beaucoup plus faible. Elle porte au fond deux râteliers de même matière, sur lesquels reposent les bords inférieurs des plaques, qui sont ainsi isolées entre elles et à l'abri des courts circuits.

» Après leur montage, ces plaques sont coiffées avec une feuille de caoutchouc souple, faisant joint hermétique au-dessus du liquide et empêchant celui-ci de se répandre pendant les cahots.

» La queue des plaques est entaillée à sa partie supérieure en forme de V, et un boulon de groupement fileté se loge dans ces V; deux écrous munis de deux rondelles permettent d'assurer pour chaque plaque un contact électrique parfait.

» Une tige de connexion unique part de chaque boulon de groupement et traverse le couvercle supérieur, qui ferme le haut du bac d'une façon hermétique au moyen de 2 écrous à oreilles.

» Des bandes en laiton partent de ces tiges de connexion et permettent de relier entre eux les accumulateurs d'une même batterie.

» Les trois salons et le restaurant du Club-Train sont éclairés chacun par 21 lampes à incandescence; les deux fourgons, où se trouvent installés une cuisine et un fumoir, sont éclairés, le premier avec 7 lampes et le second avec 8 lampes.

» Ces lampes, dites *homogènes françaises*, marchent sous une différence de potentiel de 25 volts avec un courant de 0,7 à 0,8 d'ampère. Dans ces conditions, leur puissance lumineuse est d'environ 7 bougies.

» Elles sont placées dans la voiture suivant deux rangées parallèles et alternées, de manière à répartir également la lumière.

» Ces lampes sont alimentées par 16 accumulateurs à 7 plaques,

pesant chacun 31^{kg} , tout compris, et renfermant 17^{kg} , 500 de plaques utiles.

» La batterie est disposée sous la voiture, et voici l'arrangement adopté. Les 16 éléments sont disposés sur 4 rangs, perpendiculairement à la voie, dans une caisse en bois ferrée mesurant $1^{\text{m}}, 27$ de profondeur sur $0^{\text{m}}, 76$ de largeur et $0^{\text{m}}, 25$ de hauteur. Tous les éléments sont reliés entre eux au moyen des bandes de connexion dont nous avons parlé plus haut, et le circuit des lampes, disposé en boucle, aboutit de chaque côté de la caisse.

» Dans l'intérieur de chaque voiture se trouve un rhéostat à main intercalé dans le circuit. Si le potentiel s'abaisse au-dessous de 25 volts, le conducteur du train, averti par l'affaiblissement de la lumière, peut retirer, à l'aide d'une clef spéciale, une partie de la résistance du circuit. Ce système a paru plus avantageux que celui consistant à ajouter des accumulateurs de réserve.

» La caisse a la forme d'un véritable tiroir monté sur galets, et elle roule à l'intérieur d'une autre caisse en tôle, fixée sous la voiture.

» Le poids total des accumulateurs et du coffre est de 580^{kg} . La capacité d'un élément est de 175 ampères-heure. La durée pratique de l'éclairage est de dix à douze heures pour les 21 lampes.

» La charge des accumulateurs est faite journellement, sans déplacement des appareils, à l'aide d'un circuit spécial relié à une dynamo installée dans l'atelier du Service télégraphique de la Compagnie.

» Un roulement est établi entre les batteries de chaque voiture, de façon que chacune d'elles soit déplacée et visitée une fois tous les huit jours.

» Depuis quatre mois que ce service fonctionne, on n'a constaté aucune détérioration sérieuse des plaques; les trains éclairés atteignent cependant des vitesses de 80^{km} à 100^{km} à l'heure.

» Le prix de revient, qui a été établi pour le mois d'octobre, fait ressortir la dépense d'exploitation, comprenant la charge et l'entretien des accumulateurs, le renouvellement des lampes, la main-d'œuvre, à $0^{\text{fr}}, 006$ par heure et par lampe, frais généraux compris.

» Si l'on ajoute à la dépense d'exploitation 10 pour 100 du capital de premier établissement pour l'intérêt, l'amortissement et le renouvellement de tout le matériel et des appareils installés dans les voitures, le prix de revient s'élève à $0^{\text{fr}}, 0253$ par bec et par heure.

» L'expérience seule indiquera si ce taux de 10 pour 100 est suffisant; mais il y a une certaine marge, puisque le système d'éclairage à l'huile en usage dans les voitures de 1^{re} classe de la Compagnie du Nord revient, dans les mêmes conditions, à 0^{fr}, 038 par bec et par heure.

» En présence de ces résultats, M. Albert Sartiaux, Ingénieur en chef de la Compagnie du Nord, a pensé qu'il y aurait intérêt à faire un nouvel essai sur une voiture spécialement affectée au service des trains-tramways circulant entre Paris et Saint-Denis.

» Cette voiture, qui comporte 112 places, 7 compartiments et 3 accès, est éclairée par 13 lampes de 25 volts (7 bougies), à l'aide d'une batterie de 16 accumulateurs, du même type que celles du Club-Train.

» En même temps, le Conseil d'administration de la Compagnie a autorisé un autre essai sur quelques voitures ordinaires de 1^{re}, 2^e et 3^e classe. Nous saurons bientôt si les accumulateurs ont atteint un degré de perfectionnement qui permette de les classer parmi l'outillage électrique devenu industriel pour l'éclairage des voitures. »

M. le PRÉSIDENT remercie M. J. Sarcia et félicite la Compagnie du Nord des soins et de la persévérance apportés dans ces expériences.

M. ALBERT SARTIAUX. — « Je demande à formuler quelques réserves au sujet des chiffres que vient de donner M. Sarcia. Il ne faut pas oublier qu'ils ne résultent que de quatre mois d'expériences, et que cette raison doit suffire à nous garder d'un optimisme exagéré.

» Sans doute, l'éclairage des voitures de chemin de fer est un champ nouveau ouvert à l'activité des électriciens, et la Compagnie du chemin de fer du Nord est heureuse d'avoir contribué à l'étude pratique de cette question. Mais je crois devoir répéter que, en raison du peu de durée actuelle de ces essais, il ne faut pas s'en exagérer les résultats, et promettre, si l'on me permet cette expression, plus de beurre que de pain. »

La séance est levée à 10^h du soir.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

L'IDENTITÉ DE LA LUMIÈRE ET DE L'ÉLECTRICITÉ ⁽¹⁾,

PAR M. HENRI HERTZ.

Lorsque l'on parle des relations de la lumière et de l'électricité, on s' imagine d'abord qu'il s'agit de la lumière électrique. Ce n'est pas là l'objet de l'étude qui va suivre. Si le lecteur est physicien, il pense aux actions réciproques si délicates des deux forces, telles que la rotation du plan de polarisation par le courant, ou la variation de la résistance d'un conducteur sous l'influence de la lumière. Dans tous ces cas, l'action n'est pas directe, immédiate : entre les deux forces, il y a un intermédiaire, la matière pondérable. Nous ne nous occuperons pas non plus de ce groupe de phénomènes. Il y a, entre ces deux forces, d'autres relations, plus intimes, plus étroites que celles dont nous venons de parler. La proposition que je vais développer devant vous est celle-ci : la lumière *est* un phénomène électrique dans son essence même : la lumière du Soleil comme celle d'une bougie ou d'un ver luisant. Supprimez de l'univers l'électricité, et la lumière disparaît; supprimez l'éther lumineux, et les forces électriques et magnétiques n'auront plus d'action à travers l'espace. Telle est la thèse que nous soutenons; elle ne date ni d'aujourd'hui ni d'hier; son histoire est longue et instructive. Mes propres expériences ne marquent qu'une des étapes du développement de cette théorie; et c'est ce développement tout entier, non l'une de ses phases seulement, que je voudrais retracer devant vous. Mais il n'est pas facile, en pareille matière, d'être clair sans rien omettre d'essentiel. Les phénomènes dont il s'agit se passent dans l'espace vide, au sein même de l'éther. Ils ne sont sensibles ni au toucher, ni à l'ouïe, ni à la vue; la réflexion, le raisonnement permettent d'y atteindre, mais il est difficile d'en faire une description exacte. Nous

(1) Communication faite au Congrès des naturalistes et médecins allemands, à Heidelberg.

chercherons donc à les rattacher aux notions qui nous sont déjà connues. Aussi rappellerons-nous d'abord ce que nous savons sur la lumière et l'électricité, avant de chercher à établir une relation entre ces deux forces.

Qu'est-ce donc que la lumière? Depuis les recherches de Young et de Fresnel, nous savons que c'est un mouvement ondulatoire. Nous connaissons la vitesse des ondes, leur longueur, nous savons que ce sont des ondes transversales: en un mot, nous possédons toutes les conditions géométriques du mouvement. Tous ces faits sont absolument hors de doute et incontestables pour le physicien. La théorie de l'ondulation est, humainement parlant, certaine, et tout ce qui en découle est de même certain. Il est donc sûr que tout l'espace qui nous est accessible n'est pas vide, mais rempli d'une substance capable d'entrer en vibration, l'éther. Mais si nous possédons des notions très claires des conditions géométriques des phénomènes qui se passent dans cette matière, en revanche leur nature physique est très obscure, et ce que nous savons des propriétés de la substance même est rempli de contradictions. Comparant les ondes lumineuses aux ondes sonores, on les avait considérées comme élastiques. Mais, dans les fluides, on n'observe des ondes élastiques que sous la forme d'ondes longitudinales. Des ondes élastiques transversales sont impossibles dans les fluides; l'état même de la matière s'y oppose. On était donc forcé d'admettre que l'éther se comportait comme un corps solide.

Mais si l'on se rappelait le mouvement des astres, et si l'on cherchait à en poser les conditions, on était ramené à affirmer que l'éther agissait comme un fluide parfait. Ces deux propositions renfermaient une contradiction évidente, en désaccord avec le développement si rapide de l'Optique.

Sans chercher à cacher cette difficulté, passons à l'électricité; peut-être son étude nous permettra-t-elle d'éviter cet obstacle.

Quelle est la nature de l'électricité? Ce problème est ardu; il excite de l'intérêt bien au delà de la sphère restreinte des hommes de Science. La plupart de ceux qui se posent cette question ne doutent pas de l'existence propre de l'électricité; ils attendent une description, une énumération des propriétés et des qualités de cette substance singulière. Pour le savant, le problème prend une autre

forme : l'électricité existe-t-elle en réalité ? Les phénomènes électriques ne se ramènent-ils pas, comme les autres, aux propriétés de l'éther et de la matière pondérable ? L'état de nos connaissances ne nous permet pas encore de répondre affirmativement à cette question. L'électricité matérialisée joue encore un grand rôle dans nos conceptions, et dans le langage courant persiste encore aujourd'hui l'idée ancienne et familière des deux électricités qui s'attirent ou se repoussent, et auxquelles nous attribuons des actions à distance, qui ressemblent à des qualités intellectuelles. L'époque où cette théorie se forma était le moment où la loi newtonienne de la gravitation recevait de l'Astronomie une éclatante confirmation, et l'idée d'une action à distance sans intermédiaire était familière aux esprits. Les attractions électriques et magnétiques obéissaient aux mêmes lois que la gravitation ; aussi, en admettant une action à distance semblable, crut-on avoir expliqué le phénomène de la façon la plus simple, avoir atteint les limites de ce qu'il est possible d'en savoir. Il en fut autrement lorsque, dans le siècle présent, on découvrit l'action réciproque des courants et des aimants, action variable à l'infini, dans laquelle le mouvement, le temps jouent un si grand rôle. Il fallut augmenter le nombre des actions à distance, en perfectionner la théorie. Mais en même temps disparut cette simplicité du système qui lui donnait sa probabilité scientifique. On s'efforça d'y revenir en cherchant des formules simples, des lois élémentaires et générales. La célèbre loi de Weber est la tentative la plus importante dans cette voie. Quoi que l'on pense de leur degré d'exactitude, ces essais forment un système à part, un ensemble plein de séduction. Il était impossible de sortir de ce cercle magique après y avoir pénétré. Le chemin que l'on suivait ne pouvait mener à la vérité ; mais, pour résister au courant, il fallait une grande fraîcheur d'esprit, il fallait aborder l'étude de ces phénomènes sans opinion préconçue, partir de ce que l'on observait et non de ce que l'on avait entendu, lu ou appris.

Telle fut la voie que suivit Faraday. Il entendait dire qu'en électrisant un corps on y introduisait quelque chose de nouveau ; mais il voyait que les changements observés n'étaient qu'extérieurs et non intimes. On lui apprenait que les forces ne faisaient que traverser l'espace, mais il remarquait que la nature de la matière qui remplis-

sait cet espace avait la plus grande influence sur elles. Faraday lisait qu'il existait des électricités et que l'on ne discutait que sur leurs propriétés, et cependant il observait journellement les effets de ces forces, sans jamais rien voir des électricités elles-mêmes : aussi renversa-t-il la proposition. Les forces électriques et magnétiques devinrent pour lui la seule réalité tangible ; l'électricité, le magnétisme descendirent au rang d'objets dont l'existence est fort contestable. Considérant ces *lignes de forces*, comme il les nomme, indépendamment de leur cause, il les vit sous la forme d'états de l'espace, de tension, de tourbillons, de courants, sans se préoccuper de ce qu'elles pouvaient être réellement. Il lui suffisait d'en avoir établi l'existence, de les voir s'influencer mutuellement, entraîner les corps matériels, et se propager en transmettant l'excitation d'un point de l'espace à l'autre. Si on lui objectait que, dans l'espace vide, il ne peut y avoir d'autre état que le repos absolu, il pouvait répondre : L'espace est-il donc vide ? Est-ce que la transmission de la lumière ne nous force pas à le considérer comme rempli de matière ? L'éther, qui transmet les ondes lumineuses, ne peut-il éprouver des modifications que nous percevons sous la forme d'actions électriques et magnétiques ? N'y a-t-il pas une relation entre ces modifications et ces vibrations ? Les ondes lumineuses ne sont-elles pas comme le scintillement de ces lignes de forces ? Telle est la série d'inductions et d'hypothèses que fit Faraday. Ce n'étaient encore que des vues de l'esprit ; il s'appliqua avec ardeur à leur donner une démonstration scientifique.

Les recherches sur les relations de la lumière, de l'électricité, du magnétisme devinrent l'objet favori de ses études.

Le rapport qu'il trouva n'était pas celui qu'il avait poursuivi. Il reprit ses recherches, et l'âge seul mit un terme à ses travaux. L'une des principales questions qu'il se posait était de savoir si la transmission des forces électriques et magnétiques est instantanée. Lorsque le courant excite un électro-aimant, est-ce que le champ magnétique s'établit instantanément jusqu'aux limites de l'espace ? Ou bien est-ce que l'action atteint d'abord les points les plus rapprochés, ne se propageant que peu à peu aux points éloignés ? Si nous modifions rapidement l'état électrique d'un corps, tous les points de l'espace obéissent-ils simultanément aux mêmes variations,

ou bien y a-t-il un retard de plus en plus grand à mesure que la distance augmente? Dans ce dernier cas, l'effet de la variation se transmettrait comme une onde à travers l'espace. Ces ondulations existent-elles? Faraday n'obtint pas de réponse à ces questions, et pourtant leur solution est en relation directe avec ses théories. S'il existe des ondes électriques qui parcourent l'espace, l'indépendance des forces qui les produisent est démontrée. Nous savons que ces forces ne traversent pas le vide instantanément, car nous pouvons d'instant en instant suivre leur propagation d'un point à l'autre. Les problèmes que se posait Faraday ne sont pas insolubles; des expériences très simples permettent de les résoudre. S'il lui avait été donné d'imaginer ces expériences, sa théorie aurait triomphé dès l'abord. La relation de la lumière et de l'électricité serait immédiatement devenue si évidente qu'elle n'aurait pu échapper même à un regard moins perspicace que le sien.

Mais il était dit que cette voie si simple et si rapide ne s'ouvrirait pas à la Science. Les expériences n'apportèrent d'abord aucune solution, et la théorie en vogue était en désaccord avec les idées de Faraday. En affirmant que les forces électriques peuvent exister indépendamment des fluides correspondants, il contredisait le système généralement admis à cette époque. De même, l'Optique d'alors repoussait l'idée que les ondes lumineuses pussent ne pas être de nature élastique. Il semblait qu'une discussion approfondie de l'une ou l'autre de ces hypothèses ne pourrait être qu'une spéculation stérile. Quelle admiration devons-nous donc à l'homme qui sut coordonner ces deux hypothèses si éloignées d'apparence, de façon qu'elles se prêtassent un mutuel appui, et qu'il en sortit un système auquel il était impossible de refuser la vraisemblance? Cet homme est l'Anglais Maxwell. Son travail, publié en 1865, est connu sous le titre de *Théorie magnétique de la lumière*. On ne peut étudier cette théorie sans avoir parfois la sensation que les formules mathématiques possèdent une vie propre, une raison spéciale; elles semblent parfois plus intelligentes que nous, plus intelligentes même que celui qui les a établies; elles donnent plus que ce que celui-ci y cherchait. Ceci n'est pas impossible; il en est ainsi chaque fois que les formules sont vraies au delà de ce que l'on pouvait savoir en les établissant. Mais des formules aussi compréhensives ne sauraient

être trouvées que si l'on s'applique à saisir la moindre parcelle de vérité que la nature nous laisse entrevoir. On sait quelle fut la lueur qui guida Maxwell. C'est un phénomène qui avait frappé déjà d'autres observateurs; dont Riemann et Lorenz avaient fait l'objet d'hypothèses analogues, mais moins heureuses. Voici ce dont il s'agit. De l'électricité en mouvement produit des forces magnétiques; du magnétisme en mouvement produit des forces électriques; ces effets ne sont appréciables qu'avec des vitesses très grandes. Dans la relation qui unit l'électricité au magnétisme entre donc l'idée de vitesse, et la constante qui détermine cette relation et qu'on y retrouve toujours est elle-même une vitesse de valeur énorme. La vitesse de l'électricité avait été déterminée de diverses façons, d'abord par Kohlrausch et Weber au moyen d'expériences purement électriques, et ces recherches si délicates avaient permis d'établir qu'elle est égale à une autre vitesse remarquable, celle de la lumière. C'était peut-être un hasard, mais, pour un disciple de Faraday, il ne pouvait en être ainsi. La raison du fait devait être que le même éther transporte les forces électriques et la lumière. Les deux vitesses que l'on avait déterminées presque en même temps ne pouvaient être qu'égales. Dès lors la constante optique la plus importante existait déjà dans les formules électriques. Maxwell s'occupa de fortifier ce lien entre les deux ordres de phénomènes. Il élargit les formules électriques de façon à leur faire exprimer, en même temps que tous les phénomènes connus, toute une classe de faits hypothétiques; les ondulations électriques, il en fit des ondes transversales, dont la longueur d'onde pût avoir une valeur quelconque, mais qui se propageraient à travers l'éther avec une vitesse constante, celle de la lumière. Il fut possible alors à Maxwell de démontrer qu'il existe réellement dans la nature des ondulations possédant ces propriétés géométriques, bien que nous ne soyons pas habitués à les considérer comme des phénomènes électriques, et que nous leur donnions un nom spécial, celui de *lumière*. Si l'on repoussait la théorie électrique de Maxwell, il n'y avait plus de raison d'admettre ses idées au sujet de la lumière. De même, si l'on affirmait que la lumière est un phénomène de nature élastique, sa théorie de l'électricité devenait impossible. Mais, si l'on étudiait son système sans se préoccuper des idées en vogue, on voyait toutes les parties se prêter un mutuel appui,

comme les pierres d'une voûte, et le tout semblait une arche gigantesque jetée sur l'inconnu et unissant deux vérités connues.

Il est vrai que la difficulté de la théorie ne lui permettait pas d'acquérir de suite un grand nombre de partisans. Mais, lorsqu'on en avait pénétré le sens intime, on la poursuivait jusqu'en ses dernières conséquences, et l'on éprouvait alors la valeur de ses hypothèses fondamentales. Les recherches expérimentales durent se borner longtemps à quelques propositions, aux parties accessoires de la théorie. Je viens de comparer le système de Maxwell à une arche qui traverse un abîme de choses inconnues. Si l'on me permet de reprendre cette image, je dirai que, pour fortifier la voûte, on ne put longtemps qu'en consolider les deux culées. On la mit ainsi en état de se soutenir par elle-même; mais son ouverture était encore trop grande pour que l'on se hasardât à édifier sur elle, comme sur une base solide, un monument nouveau. Pour cela, il fallait que des piliers, s'élevant du sol, vinssent soutenir le milieu même de l'arc. La démonstration de la possibilité d'obtenir directement de la lumière des effets électriques ou magnétiques aurait constitué l'un de ces piliers et confirmé la théorie. Cette découverte eût fortifié immédiatement la partie optique de la théorie, indirectement la partie électrique. La démonstration de l'existence d'ondes électriques ou magnétiques se propageant à la façon des ondulations lumineuses aurait constitué un autre argument de même valeur. Elle eût confirmé directement la partie électrique, indirectement la partie optique. L'achèvement et la symétrie du monument réclament l'édification des deux piliers auxquels nous comparons ces principes, mais un seul peut suffire aux premiers besoins. La construction du premier n'a pas encore pu être entreprise; quant au second, après bien des recherches, on est arrivé à lui trouver une base solide; les fondations ont une ampleur suffisante; une partie du pilier s'élève déjà, et, grâce à la coopération d'une foule de travailleurs, il atteindra bientôt le sommet de la voûte et lui permettra de supporter le poids de l'édifice qui doit s'élever sur elle.

J'ai été assez heureux pour prendre part à cette partie du travail. C'est à cette circonstance que je dois l'honneur d'exposer mes idées aujourd'hui devant vous; aussi m'excusera-t-on si je m'efforce dès à présent d'attirer toute l'attention de mes auditeurs sur cette partie

de l'édifice. Malheureusement, je serai forcé, par le temps, d'omettre les travaux d'un grand nombre de chercheurs, et je ne pourrai montrer combien mes expériences avaient été préparées par mes prédécesseurs, combien certains d'entre eux s'étaient même approchés du résultat définitif.

Était-il donc vraiment si difficile de démontrer que la propagation des forces électriques ou magnétiques n'est pas instantanée? Ne pouvait-on décharger une bouteille de Leyde et observer si l'oscillation d'un électroscope éloigné se produisait avec un retard? Ne suffisait-il pas, dans le même but, d'observer une aiguille aimantée pendant que l'on excitait subitement un électro-aimant à quelque distance? En fait, ces essais et d'autres analogues ont été tentés, mais sans que l'on pût constater un intervalle de temps entre la cause et l'effet. Pour un partisan de la théorie de Maxwell, cet insuccès est inévitable et provient de la rapidité énorme de la transmission. Nous ne pouvons percevoir la décharge d'une bouteille de Leyde, l'excitation d'un aimant, qu'à une distance modérée, par exemple à 10^m. Or la lumière et, comme elle, l'électricité, d'après la théorie, parcourent cet espace en un trente millionième de seconde. Un aussi court intervalle de temps ne peut être ni perçu ni mesuré directement. De plus, nous ne possédons même pas de signes qui puissent limiter nettement cet instant. Lorsque nous voulons prendre une longueur jusqu'au dixième de millimètre, nous n'en marquons pas le commencement par un gros trait à la craie. Si nous voulions déterminer un temps au millième de seconde près, il serait absurde d'en marquer le début par le son d'une grosse cloche.

Le temps nécessaire pour la décharge d'une bouteille de Leyde est, pour nos moyens ordinaires d'observation, infiniment court. Cela ne veut pas dire qu'il n'est pas égal à un trente millionième de seconde; et, dans le cas dont il s'agit, il serait plus de mille fois trop long. Mais la nature nous fournit une autre ressource. On sait depuis longtemps que la décharge d'une bouteille de Leyde n'est pas uniforme; mais se compose, comme le son d'une cloche, d'une quantité de vibrations, de décharges partielles, qui se succèdent à des intervalles de temps égaux. L'électricité est donc capable d'imiter des phénomènes élastiques. La durée de chaque vibration est beaucoup plus petite que celle de la décharge totale; on peut donc

chercher à employer une vibration comme point de repère. Malheureusement, les vibrations les plus courtes que l'on ait observées sont d'un millionième de seconde. Pendant la durée d'une de ces vibrations, son effet se propage à 300^m, et, dans l'espace restreint d'un laboratoire, il paraîtra simultané avec la vibration. Les phénomènes connus n'étaient donc d'aucun secours; il fallait chercher dans une tout autre voie. Ce qui permit de tourner l'obstacle, ce fut la constatation que ce n'est pas seulement la décharge des bouteilles de Leyde qui produit des vibrations, mais que le même phénomène se passe dans un conducteur quelconque; dans des circonstances données, ces vibrations peuvent être beaucoup plus rapides que celles des bouteilles de Leyde. Si l'on décharge le conducteur d'une machine électrique, on produit des vibrations dont la durée varie du cent millionième au milliardième de seconde. Ce ne sont, il est vrai, que quelques vibrations isolées qui s'éteignent rapidement, et c'est là une condition défavorable pour l'expérience. Mais le succès serait possible même en n'observant que deux ou trois de ces vibrations. C'est ainsi que, dans le domaine de l'Acoustique, nous remplaçons, lorsqu'il le faut, les sons allongés des sifflets et des cordes par les signaux brefs donnés par le bois.

Nous possédons dès lors des signaux en comparaison desquels le trente millionième de seconde n'est plus un court intervalle. Mais ils nous seraient de peu d'utilité, si nous n'étions pas capables de les saisir jusqu'à cette distance de 10^m environ, que nous nous sommes proposée. Le moyen que nous emploierons dans ce but est très simple. A l'endroit où nous voulons percevoir le signal, nous placerons un conducteur, par exemple un fil métallique rectiligne, présentant en un point une légère interruption. Lorsque le champ électrique varie rapidement, il apparaît une étincelle dans ce conducteur.

Le moyen d'observation ne pouvait être indiqué que par l'expérience; au point de vue théorique, il était difficile de l'imaginer. En effet, les étincelles sont microscopiques, à peine longues d'un centième de millimètre; leur durée est inférieure à un millionième de seconde. Il paraît impossible, presque inconcevable, qu'elles soient visibles; et pourtant elles le sont, dans une chambre obscure et pour un œil reposé. Tel est le fil léger auquel est suspendu le succès de

notre entreprise. Nous avons d'abord une foule de questions à résoudre. Dans quelles circonstances les vibrations sont-elles le plus fortes? Il faut s'efforcer de réunir ces conditions. Quelle forme faut-il donner au conducteur? Suivant que nous emploierons des fils droits, recourbés, ou des conducteurs d'une autre forme, les phénomènes varieront. Si la forme du conducteur est établie, quelle grandeur choisirons-nous? Celle-ci n'est pas indifférente, car nous voyons bientôt que nous ne pouvons pas, avec un même conducteur, étudier des vibrations quelconques; qu'il y a entre les deux éléments une relation qui rappelle les phénomènes de résonance en Acoustique. Enfin, combien de positions différentes pouvons-nous donner à ce conducteur? Tantôt nous verrons les étincelles augmenter d'intensité, ou devenir plus faibles, ou disparaître entièrement. Je n'ose pas entrer dans tous ces détails; pour l'ordre général de la théorie, ce sont des éléments accessoires. Ils ne sont essentiels que pour le travailleur; ce sont les propriétés mêmes de son instrument.

De la connaissance qu'a l'expérimentateur de ses moyens d'action dépend ce qu'il sait en tirer. L'étude de l'instrument, la solution des questions posées plus haut furent donc la partie la plus considérable de mon travail. Lorsque cette tâche fut remplie, la solution du problème se présenta d'elle-même.

Donnez à un physicien un certain nombre de diapasons et de résonateurs, et demandez-lui de démontrer que la propagation du son n'est pas instantanée : il n'y trouvera aucune difficulté, même dans l'espace restreint d'une chambre. Après avoir mis en vibration un diapason, il se transporte avec le résonateur aux divers points de la chambre et observe l'intensité du son. Il voit qu'en certains endroits elle devient très faible, et en déduit que là chaque vibration est annulée par une autre née plus tard et arrivée au même but par une voie plus courte. Si, pour parcourir un chemin plus court, il faut moins de temps, la propagation n'est pas instantanée, et le problème est résolu. Mais ensuite notre physicien nous montrera que les points silencieux se succèdent à des distances égales; il en déduit la longueur d'onde, et, s'il connaît la durée des vibrations du diapason, il obtient, avec ces données, la vitesse de propagation du son. Nous opérons exactement de même avec nos vibrations électriques. Le conducteur dans lequel se font les vibrations électriques remplit le

rôle du diapason. Le circuit interrompu en un point tient lieu de résonateur et prend le nom de résonateur électrique. Nous remarquons qu'en certains points de la chambre il en jaillit des étincelles, que, dans d'autres, il reste au repos; nous voyons que les endroits inactifs, électriquement, se suivent dans un ordre régulier. Nous en déduisons que la propagation n'est pas instantanée, et même nous pouvons mesurer la longueur d'onde. On nous demande si les ondes trouvées sont longitudinales ou transversales. Plaçons notre fil métallique dans deux positions différentes au même endroit de la pièce; la première fois il indique une excitation électrique, la seconde non. Il n'en faut pas plus pour trancher la question : ce sont des ondes transversales. Si l'on nous demande d'en indiquer la vitesse de propagation, il suffit de multiplier la longueur d'onde que nous venons de mesurer par la durée de la vibration que nous pouvons calculer : nous trouvons une vitesse voisine de celle de la lumière. Si l'on conteste la justesse de ce calcul, il nous reste une autre ressource. La vitesse de propagation des ondes électriques dans les fils métalliques est énorme et parfaitement comparable à leur vitesse dans l'air. De plus elle a été mesurée directement depuis longtemps; car il était facile d'étudier cette propagation sur de longs kilomètres de fils. Nous possédons donc une valeur purement expérimentale de cette vitesse, et, bien que le résultat ne soit qu'approximatif, il ne contredit pas celui que nous avons obtenu tout à l'heure.

Toutes ces expériences sont fort simples au fond, et pourtant leurs conséquences sont des plus importantes. Elles renversent toute théorie qui admet que les forces électriques traversent instantanément l'espace; elles marquent le triomphe du système de Maxwell. Celui-ci n'est plus un simple trait d'union entre deux ordres de phénomènes tout à fait distincts. Si sa théorie de la lumière semblait auparavant avoir quelque vraisemblance, maintenant il est difficile de ne pas la considérer comme vraie. Mais peut-être qu'en nous rapprochant du but, nous pourrions nous passer de l'appui de la théorie. Nos expériences avaient lieu tout près de cette zone neutre qui, d'après elle, unit le domaine de la lumière et celui de l'électricité. Il ne reste qu'un pas à faire pour arriver dans le domaine propre de l'Optique qui nous est bien connu. Ce ne sera pas superflu. Il y a beaucoup d'amis de la nature qui s'intéressent au problème de

la lumière, qui sont capables de comprendre des expériences simples, et pour qui cependant la théorie de Maxwell est absolument inintelligible. De plus, la méthode scientifique exige que l'on évite les détours lorsqu'il est possible de suivre une voie directe. Si donc, au moyen des ondes électriques, nous parvenons à produire des phénomènes semblables à ceux de la lumière, toute théorie devient superflue : l'identité des deux ordres de faits ressortira des expériences elles-mêmes. Dans cette voie encore, le succès est possible.

Plaçons le conducteur, qui produit la variation de l'état électrique, au foyer d'un grand miroir concave. Les ondes électriques se réunissent et sortent du miroir sous la forme d'un faisceau rectiligne. Nous ne pouvons, il est vrai, ni voir ni toucher ce rayon ; mais nous savons qu'il existe parce que nous voyons jaillir des étincelles sur les conducteurs qu'il rencontre ; il devient sensible lorsque nous nous armons de notre résonateur électrique. Toutes ses propriétés sont celles d'un rayon lumineux. Nous pouvons, en tournant le miroir, l'envoyer dans différentes directions ; nous pouvons, en étudiant le chemin qu'il suit, voir qu'il se propage en ligne droite. Si nous interposons sur sa route des corps conducteurs, ils ne laissent pas passer le rayon électrique ; ils portent une ombre, mais ils ne détruisent pas le rayon ; ils le réfléchissent, et nous pouvons suivre le faisceau réfléchi et nous convaincre qu'il obéit aux lois de la réflexion de la lumière. Nous pouvons le réfracter aussi bien qu'un rayon lumineux. Pour étudier la réfraction de la lumière, nous employons un prisme ; il en est de même ici. Seulement, les dimensions des ondes et du rayon nous forcent à prendre un prisme très volumineux ; aussi choisirons-nous une substance peu coûteuse, par exemple la poix ou l'asphalte. Enfin nous pouvons étudier sur notre rayon des phénomènes que l'on n'avait observés jusqu'ici que sur la lumière, ceux de la polarisation. Sur le trajet du faisceau, plaçons une sorte de grillage métallique : nous verrons notre résonateur électrique émettre des étincelles ou rester au repos en obéissant aux mêmes lois géométriques qui régissent les variations d'éclat d'un rayon lumineux traversant un appareil à polarisation.

Mais assez d'expériences : en les faisant, nous sommes arrivés dans le domaine même de l'Optique. En les décrivant, nous ne parlons plus d'électricité, nous employons le langage de l'Optique. Nous

ne disons plus que des courants traversent les conducteurs, que des électricités s'unissent; nous ne voyons plus que des ondulations se croiser dans l'espace, se séparer, se combiner, se renforcer ou s'affaiblir. Partis du domaine de l'Électricité pure, nous sommes parvenus pas à pas à des phénomènes purement optiques. Désormais le passage est franchi, la voie redevient facile. L'identification de la lumière et de l'électricité, que la Science soupçonnait, que la théorie prévoyait, est établie définitivement : elle est devenue perceptible à nos sens, intelligible à l'esprit. Des hauteurs que nous avons atteintes, où se confondent les deux ordres de phénomènes, notre regard plonge dans les domaines de l'Optique et de l'Électricité. Ils nous paraissent plus vastes que nous ne le soupçonnions. L'Optique n'est plus limitée à des ondulations de l'éther de quelques fractions de millimètre; elle comprend des ondes dont la longueur se mesure en décimètres, en mètres, en kilomètres. Mais, malgré cet agrandissement, vue de cette hauteur, elle n'est plus qu'un appendice de l'Électricité. Celle-ci gagne encore bien davantage. Nous voyons désormais de l'électricité en mille circonstances où nous ne la soupçonnions pas auparavant. Chaque flamme, chaque atome lumineux devient un phénomène électrique. Même lorsqu'un corps ne répand pas de lumière, pourvu qu'il rayonne de la chaleur, il est le foyer d'actions électriques. Ce domaine de l'Électricité s'étend donc sur toute la nature; il nous envahit nous-mêmes : en effet, l'œil n'est-il pas un organe électrique? Tels sont les résultats que nous obtenons pour les questions de détail; ceux qui concernent la philosophie de la Science ne sont pas moins importants.

L'un des problèmes les plus ardu est celui des actions à distance. Sont-elles réelles? De toutes celles qui nous semblaient incontestables, une seule nous reste, la gravitation. Nous échappera-t-elle aussi? Les lois mêmes de son action le font penser. La nature de l'électricité est une autre de ces grandes inconnues. Elle se ramène à la question de l'état des forces électriques et magnétiques dans l'espace. Derrière celle-ci se dresse le problème le plus important de tous, celui de la nature et des propriétés de la substance qui remplit l'espace, de l'éther, de sa structure, de ses mouvements, de ses limites, s'il en possède. Nous voyons de plus en plus cette question dominer toutes les autres; il semble que la connaissance

de l'éther ne doive pas seulement nous révéler l'état de la substance impondérable, mais nous dévoiler l'essence de la matière elle-même et de ses propriétés inhérentes, la pesanteur et l'inertie.

Les antiques systèmes de Physique se résumaient en disant que tout est formé d'eau et de feu. Bientôt la Physique moderne se demandera si toutes les choses existantes ne sont pas des modalités de l'éther. C'est là la fin dernière de notre science; ce sont les sommets ultimes auxquels nous puissions espérer d'atteindre. Y parviendrons-nous jamais? Sera-ce bientôt? Nous n'en savons rien. Mais nous sommes montés plus haut que jamais, et nous possédons un point d'appui solide qui nous facilitera l'ascension et la recherche de vérités nouvelles. La voie qui s'ouvre à nous n'est pas trop escarpée, et la prochaine étape ne paraît pas inaccessible. Du reste, nombreuse est la foule de chercheurs pleins d'ardeur et de science. Aussi est-ce avec confiance qu'il nous faut saluer toutes les tentatives qui seront faites dans cette voie.



INFORMATIONS.

Exposition internationale du Génie électrique, des inventions générales et des industries, à Édimbourg, en 1890.

Une Exposition internationale d'Électricité aura lieu à Édimbourg en 1890. Parmi les membres du Comité, nous relevons les noms, bien connus de nos lecteurs, de Sir William Thomson, Edison, W. Preece. Les membres français de la Société internationale des Électriciens, qui se rendront à cette Exposition internationale ou qui désireraient des renseignements, sont informés que M. R. Aylmer, représentant de la Société internationale des Électriciens en Angleterre, attaché au Secrétariat de cette Exposition, se met gracieusement à leur disposition, au Secrétariat de l'Exposition, à Édimbourg.

Exposition internationale d'Électricité de Francfort-sur-le-Mein, en 1890.

Sur l'initiative de la Société des Électrotechniciens de Francfort, une Exposition internationale d'Électricité est organisée dans cette ville pour 1890. Les objets exposés seront divisés en douze groupes. Toutes les demandes relatives à cette Exposition doivent être adressées au Comité pour l'Exposition d'Électricité, à Francfort-sur-le-Mein.

EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1889.

Additions au Tableau des récompenses obtenues par les Membres de la Société Internationale des Électriciens (Exposants).

CLASSE 62 (Électricité).

Médaille d'argent : M. GODFROY (Ferdinand).

Mention honorable : M. AUBERT (A.-J.-J.).

Id. M. LEGENTIL-PARENT (A.).

LISTE DES OUVRAGES

OFFERTS A LA SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS.

(Suite.)

BERTRAND (J.). *Leçons sur la théorie mathématique de l'Électricité professées au Collège de France.* 1 vol. in-8; Paris, Gauthier-Villars et Fils, 1890. (*Don des éditeurs.*)

HILLAIRET (A.). *Extrait des Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*

RAFFARD (N.-J.). *Compteur totalisateur à deux roulettes et à mouvement différentiel.* 1 petite broch. in-8; Paris, Chaix, 1889. (*Don de l'auteur.*)

TUNZELMANN (G.-W. DE). *L'Électricité dans la vie moderne.* 1 vol. in-8; London, Walter Scott, 1889. (*Don de l'éditeur.*)

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES.

	Pages
Application du système enregistreur Richard frères aux appareils de mesure électrique, par M. F.-M. Richard.....	385
Application du système enregistreur Richard frères aux appareils de mesure électrique (Discussion sur l'), par MM. R. Arnoux et Richard frères.....	390
Assemblée générale ordinaire annuelle du 3 avril 1889.....	161
Bibliographie.....	158, 282, 346, 405
Biographie des Membres décédés pendant l'exercice 1888-1889.....	171
Budget de la Société pour l'exercice 1889-1890.....	182
Chronique scientifique.....	41, 97, 274, 342, 376, 398, 454
Commission du <i>Bulletin</i> de la Société (Liste des Membres de la).....	204
Comité d'Administration (Liste des Membres du).....	201
Comité d'Administration (Renouvellement partiel du).....	175
Conférences-Promenades organisées par la Société à l'Exposition universelle de 1889.....	273, 341
Congrès international des Électriciens.....	269, 341, 376
Id. (Décisions prises par le).....	394
Correspondance.....	157
Cours publics et gratuits de Sciences appliquées aux Arts du Conservatoire national des Arts et Métiers.....	407
Distinctions honorifiques accordées à des Membres de la Société.....	21, 284, 395
Éclairage électrique appliqué aux Voitures de chemin de fer par les Accumulateurs, par M. J. Sarcia.....	424
Éclairage électrique de la ville de Meaux (Avis relatif à l').....	48
Éclairage électrique de l'Exposition universelle de 1889, par M. Hippolyte Fontaine.....	108
Éclairage électrique du Palais-Royal, par M. Am. Vernes.....	264
Éclairement produit par un alignement droit de foyers lumineux identiques et équidistants (Sur l'), par M. A. Hillairet.....	327
Éloge de M. Gaston Planté, par M. le Colonel H. Sébert.....	287
Expériences de M. Hertz (Sur les), par M. J. Joubert.....	318
Exposition internationale d'Électricité de Francfort-sur-le-Mein, en 1890.....	454
Exposition internationale du Génie électrique, des Inventions générales et des Industries à Edimbourg, en 1890.....	454
Fils aériens et souterrains à New-York (Les), par M. le Dr Schuyler S. Wheeler.....	22
Galvanomètre universel apériodique (Sur un), par M. A. d'Arsonval.....	6
Identité de la lumière et de l'électricité, par M. H. Hertz.....	440
Installation de la Lumière électrique dans les Grands Magasins du <i>Bon Marché</i> , par M. Al. Canco.....	11
Installation de M. le Colonel H. Sébert, élu Président de la Société.....	176
Laboratoire central d'Électricité (Dons au).....	161, 317, 383
Id. (Liste des Membres du Comité de Direction du).....	204
Id. (Rapport du Comité de Direction du), présenté par M. Mascart.....	178
Id. (Tarif du).....	104
Lumière électrique dans les fanaux de Marino (La), par M. J. Rey.....	65
Machines dynamos système Rechiniewski, par M. Eug. Meylan.....	246
Id. (Discussion sur les), par MM. R. Arnoux, R.-V. Picou, W.-C. Rechiniewski et E. Desrozières.....	288

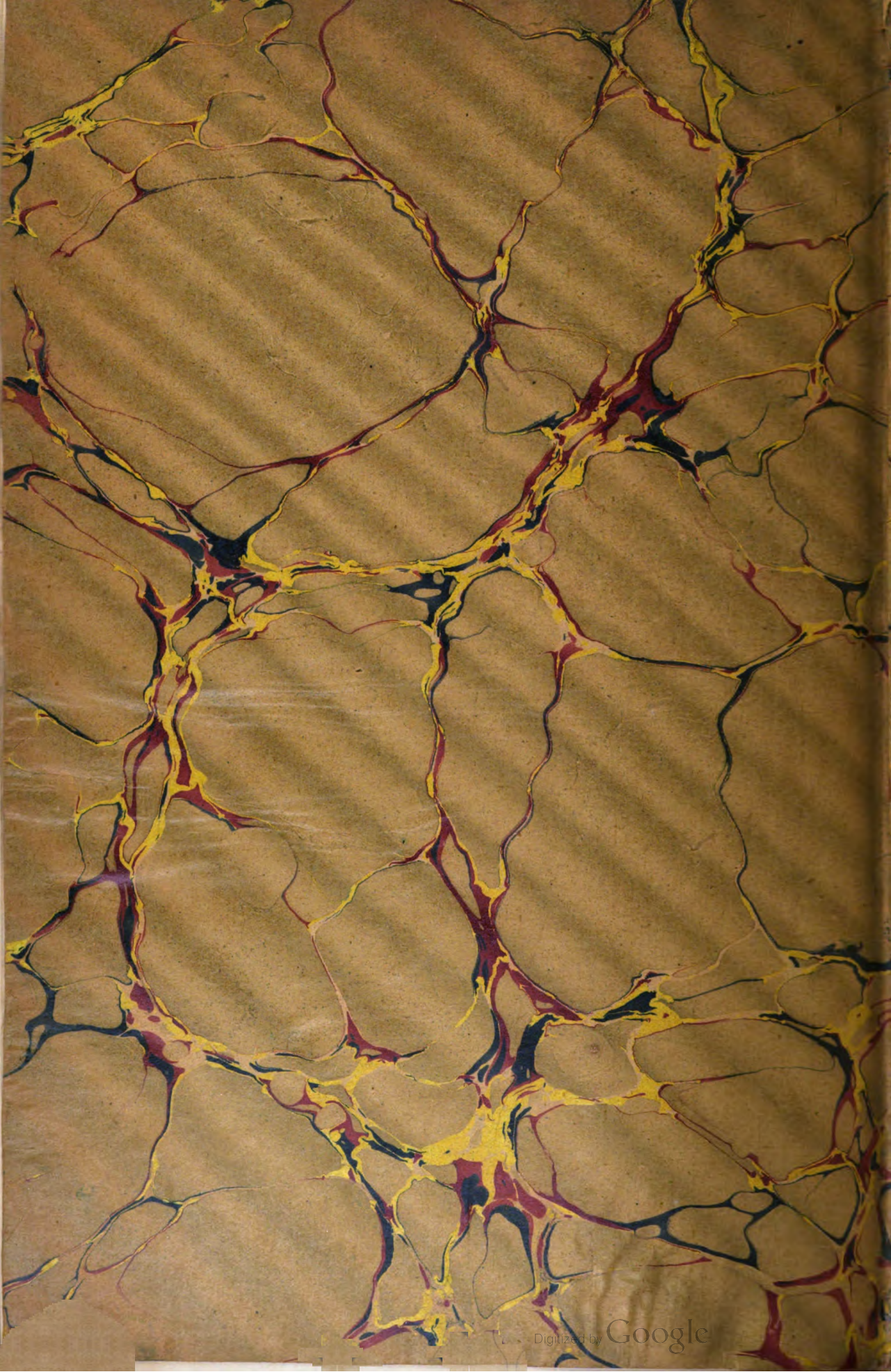
	Pages
Membres de la Société au 20 avril 1889 (Liste générale des).....	205
Membres titulaires (Admission de)..... 5, 50, 101, 162, 246, 285, 317; 381,	413
Mesure de la résistance des tissus organisés (Choix de la Méthode à employer dans la), par M. le Dr G. Weiss.....	106
Mesure de la résistance des tissus organisés (Notice au sujet du choix de la Méthode à employer dans la), par M. le Dr R. Vigouroux.....	286
Moteur électromagnétique destiné à la manœuvre des disques ou signaux à vue des chemins de fer. Système G. Dumont et A. Postel-Vinay (Note sur le)....	332
Nécrologie (M. Joule).....	410
Ouvrages offerts à la Société 82, 159, 180, 284, 348, 409,	455
Phonographe Edison (Le).....	263
Phonographie et la Téléphonographie (Sur la), par M. E. Mercadier.....	356
Rapport présenté par M. Lucien Bordet au nom de la Commission chargée de vérifier les comptes de la Société... ..	162
Réalisation des diagrammes électriques en Électrostatique (Sur la), par M. A. Perrin.....	83
Récompense obtenue par M. Baudot à la <i>Société d'Encouragement pour l'industrie nationale</i>	82
Récompenses obtenues par des Membres de la Société à l'Exposition universelle de 1889..... 374, 397,	454
Rectifications 40, 316, 348, 406,	411
Remerciements envoyés à la Société par l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> de Londres.....	383
Remerciements envoyés par l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> de Londres (Réponse de la Société aux).....	384
Remise à l'heure des horloges à grande vitesse par l'intermédiaire des fils télégraphiques. Système G. Dumont et H. Lepaute (Note sur la).....	310
Résumé des Travaux de la Société pendant l'exercice 1888-1889.....	171
Réunion de l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> de Londres et de la Société du 23 août 1889 :	
Allocation de M. le Colonel Sébert.....	349
Allocation de Sir W. Thomson.....	351
Allocation de M. E. Mascart.....	353
Réunion ordinaire mensuelle du 9 janvier 1889.....	5
Id. 6 février 1889.....	49
Id. 6 mars 1889.....	101
Id. 3 avril 1889.....	161
Id. 1 ^{er} mai 1889.....	245
Id. 5 juin 1889.....	285
Id. 3 juillet 1889.....	317
Id. 6 novembre 1889.....	381
Id. 4 décembre 1889.....	413
Service horaire de la Ville de Lyon (Description du), par M. Ch. André....	85, 183
Situation financière de la Société au 31 mars 1889.....	181
Souvenir commémoratif à L. Gaulard (Souscription à un).....	273
Théorie chimique des accumulateurs (Sur la), par M. St. Drzewiecki.....	414
Id. (Discussion sur la), par MM. G. Roux, C. Faure, J. Sarcia et St. Drzewiecki.....	422
Valeur industrielle et économique des machines dynamo-électriques (Sur la), par M. R. Arnoux.....	50, 134

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME VI.

	Pages
Compte rendu de la réunion ordinaire mensuelle du 9 janvier 1889.....	5
Admission de Membres titulaires. 5, 50, 101, 162, 246, 285, 317, 381,	413
Sur un galvanomètre universel apériodique (M. A. d'Arsonval).....	6
Installation de la lumière électrique dans les grands magasins du <i>Bon Marché</i> (M. Al. Cance).....	11
Distinctions honorifiques accordées à des Membres de la Société..... 21, 284	395
Les fils aériens et souterrains à New-York (M. le Dr Schuyler S. Wheeler).....	22
Rectifications..... 40, 316, 348, 406,	411
Chronique scientifique 41, 97, 274, 342, 376, 398,	454
Avis relatif à l'éclairage électrique de la ville de Meaux.....	48
Compte rendu de la réunion ordinaire mensuelle du 6 février 1889.....	49
Sur la valeur industrielle et économique des machines dynamo-électriques (M. R. Arnoux)..... 50,	134
La lumière électrique dans les fanaux de Marine (M. J. Rey).....	65
Récompense obtenue par M. Baudot à la <i>Société d'encouragement pour l'Industrie nationale</i>	82
Liste des Ouvrages offerts à la Société..... 82, 159, 180, 284, 348, 409,	455
Sur la réalisation des diagrammes électriques en Électrostatique (M. A. Perrin)..	83
Description du service horaire de la ville de Lyon (M. Ch. André)..... 85,	183
Compte rendu de la réunion ordinaire mensuelle du 6 mars 1889.....	101
Tarif du Laboratoire central d'Électricité.....	104
Choix de la méthode à employer dans la mesure de la résistance des tissus orga- nisés (M. le Dr G. Weiss).....	106
Éclairage électrique de l'Exposition universelle de 1889 (M. Hippolyte Fontaine).	108
Correspondance.....	157
Bibliographie..... 158, 282, 346,	405
Compte rendu de l'Assemblée générale annuelle et de la Réunion ordinaire men- suelle du 3 avril 1889.....	161
Dons au Laboratoire central d'Électricité..... 161, 317,	383
Rapport présenté par M. Lucien Bordet au nom de la Commission chargée de vé- rifier les comptes de la Société.....	162
Biographie des membres décédés pendant l'exercice 1888-1889.....	164
Résumé des travaux de la Société pendant l'exercice 1888-1889.....	171
Renouvellement partiel du Comité d'Administration.....	175
Allocution de M. P. Lemonnier, Président sortant.....	176
Allocution de M. le Colonel H. Sébert, élu Président.....	177
Rapport du Comité de Direction du Laboratoire central d'Électricité, présenté par M. E. Mascart.....	178
Situation financière de la Société au 31 mars 1889.....	181
Budget de l'exercice 1889-1890.....	182
Liste des Membres du Comité d'Administration de la Société.....	201
Liste des Membres de la Commission du <i>Bulletin</i>	204
Liste des Membres du Comité de Direction du Laboratoire central d'Électricité...	204
Liste générale des Membres de la Société au 20 avril 1889.....	205
Compte rendu de la Réunion ordinaire mensuelle du 1 ^{er} mai 1889.....	245
Les machines dynamos système Rehniewski (M. Eug. Meylan).....	246

	PAGES
Le phonographe Edison	263
L'éclairage électrique du Palais-Royal (M. Am. Vernes).....	264
Congrès international des Électriciens..... 269, 341,	376
Conférences-Promenades à l'Exposition universelle de 1889, organisées par la Société..... 273,	341
Souscription à un souvenir commémoratif à L. Gaulard.....	273
Compte rendu de la Réunion ordinaire mensuelle du 5 juin 1889.....	285
Notice de M. le Dr Vigouroux au sujet de la Communication de M. le Dr G. Weiss sur le choix de la méthode à employer dans la mesure de la résistance des tissus organisés.....	286
Éloge de M. Gaston Planté (M. le Colonel H. Sébert).....	287
Discussion sur les machines dynamos Rechiniewski (MM. R. Arnoux, R.-V. Picou, W.-C. Rechiniewski et E. Desrozières).....	288
Note sur la remise à l'heure des horloges à grande distance par l'intermédiaire des fils télégraphiques, système G. Dumont et H. Lepaute.....	310
Compte rendu de la Réunion ordinaire mensuelle du 3 juillet 1889.....	317
Sur les expériences de H. Hertz (M. J. Joubert).....	318
Sur l'éclairement produit par un alignement droit de foyers lumineux identiques et équidistants (M. A. Hillairet).....	327
Note sur le moteur électromagnétique destiné à la manœuvre des disques ou signaux à vue des chemins de fer, système G. Dumont et A. Postel-Vinay.....	332
Compte rendu de la Réunion de l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> de Londres et de la <i>Société internationale des Électriciens</i> du 23 août 1889.....	349
Allocution de M. le Colonel H. Sébert, Président de la Société.....	349
Allocution de Sir W. Thomson, Président de l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> ,.....	351
Allocution de M. E. Mascart, Président du Comité d'organisation du Congrès....	353
Sur la Phonographie et la Téléphonographie (M. E. Mercadier).....	356
Tableau des récompenses obtenues par les Membres de la Société à l'Exposition universelle de 1889..... 374, 397,	454
Compte rendu de la Réunion ordinaire mensuelle du 6 novembre 1889.....	381
Remerciements envoyés à la Société par l' <i>Institution of Electrical Engineers</i> de Londres	383
Réponse de la Société.....	384
Application du système enregistreur Richard frères aux appareils de mesure électrique (M. F.-M. Richard).....	385
Discussion sur l'application du système enregistreur Richard frères aux appareils de mesure électrique (MM. R. Arnoux et Richard frères).....	390
Décisions prises par le Congrès international des Électriciens.....	394
Cours publics et gratuits de Sciences appliquées aux Arts du Conservatoire national des Arts et Métiers	407
Nécrologie (M. Joule).....	410
Compte rendu de la Réunion ordinaire mensuelle du 4 décembre 1889.....	413
Sur la théorie chimique des accumulateurs (M. St. Drzewiecki).....	414
Discussion sur la théorie chimique des accumulateurs (MM. G. Roux, C. Faure, J. Sarcia et St. Drzewiecki).....	422
Éclairage électrique appliqué aux voitures de chemins de fer par les accumulateurs (M. J. Sarcia).....	424
L'identité de la lumière et de l'électricité (M. Henri Hertz).....	440
Exposition internationale du Génie électrique, des inventions générales et des industries, à Edimbourg, en 1890.....	454
Exposition internationale d'Électricité de Francfort-sur-le-Mein en 1890.....	454



UNIV. OF MICH.
JUN 19 1907



